

Minna Karhunen

Muuntogeenisen kasvintuotannon vaikutukset

Uhat, mahdollisuudet ja asenteet

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoki

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Tuotantotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoki

Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotekniikka

Tekijä: Minna Karhunen

Työn nimi: Muuntogeenisen kasvintuotannon vaikutukset – Uhat, mahdollisuudet ja asenteet

Ohjaaja: Heikki Koskimies

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 64 Liitteiden lukumäärä:0

Opinnäytetyöni on kirjallisuuskatsaus, joka käsittelee muuntogeenisen kasvintuotannon vaikutuksia. Olen selvittänyt mitä tietoa muuntogeenisistä kasveista ja muuntogeenisten kasvien ympäristövaikutuksista löytyy. Geenitekniikka on kasvinjalostuksen uusi keino, joka auttaa tuottamaan kasveihin uusia ominaisuuksia siirtogeeeneilla. Tähän mennessä käytetyimmät muuntogeeniset kasvit ovat olleet soija, maissi ja puuvilla. Muuntogeenisistä ominaisuuksista käytetyimmät ovat olleet herbisidien kestävyys ja tuholaisresistenssi. Tulossa ovat muuntogeeniset kasvit, joiden ravintoarvoja ja kestävyyttä on parannettu. Olen työssäni selvittänyt, onko geenitekniikka uhka vai mahdollisuus. Olen myös selvittänyt asenteita muuntogeenisiä kasveja kohtaan.

Geenitekniikan suurimpina riskeinä pidetään ekologisia ympäristöriskejä, kuten geenivirtaa luontoon. Muita mahdollisia muuntogeenisten kasvien riskejä ovat terveyshaitat ja pelko geneettisesti muokattujen kasvien sekaantumisesta tavanomaiseen tai luonnonmukaiseen viljelyyn.

Yleinen suhtautuminen muuntogeenisiin kasveihin on ollut kielteinen. Maailmalla silti muuntogeenisten kasvien viljelyalat lisääntyvät jatkuvasti. Suomessa muuntogeenisiä kasveja ei vielä ole viljelyssä, mutta tulevaisuudessa ne voivat olla yleisiä.

Avainsanat: muuntogeeniset eliöt, geenitekniikka, kasvintuotanto, ympäristövaikutukset

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Agriculture and Forestry, Ilmajoki

Degree Programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Agricultural Production Technology

Author/s: Minna Karhunen

Title of the thesis: The impact of production genetically modified plants – a threat, a possibility and attitudes towards it

Tutor/s: Heikki Koskimies

Year: 2010

Number of pages: 64 Number of appendices: 0

The thesis is a literature review which deals with the impact of production and what information we have about the environmental effects of genetically modified plants. Gene technology is a modern way of plant breeding which produces plants using gene transfer genetically modify plants. So far the major genetically modified crops are soybean, corn and cotton. The major modifications are in the areas of herbicide resistance and insect resistance. Upcoming modifications will improve nutritional value and general hardiness of plants. The thesis also studies whether gene technology is a threat or a possibility for increased crop cultivation and deals with attitudes towards genetically modified plants.

The greatest concern associated with genetically modified plants is the ecological risk to the environment, such as gene flow out into nature. Other possible risks with genetically modified plants are health problems as well as a fear that genetic modified plants would contaminate traditional or organic crops.

The General attitude towards genetically modified plant has been negative. The breeding of genetically modified is still progressing all the time in the world. The cultivation of genetically modified crops is not today happening here in Finland, but in the future these could be common.

Keywords: genetically modified organisms, gene technology, plant production, environmental effects

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Termit	6
Kuvio- ja taulukkoluettelo.....	9
1 JOHDANTO	10
2 GEENITEKNIikka KASVINJALOSTUKSESSA.....	12
2.1 Kasvinjalostuksen historiaa	12
2.2 Geeni.....	13
2.3 Geenitekniikka kasvinjalostuksessa	13
2.3.1 Geeninsiirto kasveihin	15
2.3.2 Geenitekniikan käyttö jalostuksen apuvälineenä laboratoriossa	16
2.3.3 Geenitekniikka eläimillä.....	17
3 MUUNTOGEENISTEN KASVIEN VILJELY.....	18
3.1 Viljelyalat ja käyttäjämaat	18
3.2 Kehitetyt ominaisuudet	20
3.2.1 Ravintoarvojen parannuksia.....	21
3.2.2 Kestävyysominaisuuksien parannuksia	22
3.3 Kenttäkoetoiminta.....	23
4 GEENITEKNIIKAN EDUT JA MAHDOLLISUUDET.....	27
4.1 Kestävyysominaisuudet	27
4.2 Laatuominaisuudet	29
4.3 Kasvien yhteyttämis- ja vedenottokyky	30
4.4 Ympäristöhaittojen ehkäisy.....	31
4.5 Geenitekniikka apuvälineenä.....	32
5 GEENITEKNIIKAN UHAT JA HEIKKOUEDET	33
5.1 Ympäristöriskit	34
5.2 Geneettinen monimuotoisuus	36

5.3 Terveysuhat.....	37
5.4 Muiden tuotantotapojen menetys ja omien siementen käyttö	38
6 RISKIEN HALLINNAN MENETELMÄT	39
6.1 Leviäminen	39
6.2 Suomen merkittävimmät viljelykasvit ja niiden riskien hallinta	40
6.3 Työryhmän suositukset suojaetäisyyksistä	42
6.4 Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten viljelykasvien ja luonnonmukaisen rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa	43
7 ASEENTEET JA TIEDOT MUUNTOGEEENISISTÄ KASVEISTA.....	45
7.1 Viljelijöiden asenne.....	45
7.2 Kuluttajien asenteet	46
7.3 Luomuviljelijöiden asenteet ja tietämys geenimuuntelusta	48
7.4 Poliitikkojen asenteita	48
8 GEENITEKNIKKALAIT JA ASETUKSET.....	50
8.1 Geenitekniikkaa säätelevät ja valvovat lait	50
8.2 Päättäntävalta ja muuntogeenisten kasvien valvonta	51
8.3 Lakiesitys rinnakkaiselolaista.....	53
9 TULOSTEN TARKASTELU.....	55
9.1 Muuntogeenisen kasvintuotannon mahdollisuudet	55
9.2 Muuntogeenisen kasvintuotannon uhat	56
9.3 Leviämisriskit Suomessa	57
9.4 Ihmisten asenteet	59
9.5 Lait ja riskienvalvonta	60
10 POHDINTA	62
LÄHTEET	65

Termit

Agrobakteeri	Yleinen maaperäbakteeri, jonka avulla tehdään geeninsiirtoja
Aminohappo	Typpipitoinen orgaaninen happo. Proteiinien rakennusosana on 20 erilaista aminohappoa
Antibiootti	Mikrobien tuottama aine, tai synteettinen lääkeaine, estää mikrobien kasvua ja lisääntymistä
Bakteeri	Yksisoluinen eliö, joka näkyy mikroskoopilla
Biodiversiteetti	Elollisen luonnon monimuotoisuus. Sisältää lajien runsauden ja elinympäristöjen monimuotoisuuden ja laajan lajien sisäisen perinnöllisen muuntelun
Biotekniikka	Eliöiden, solujen, solujen osien tai solussa esiintyvien molekyyli toimintojen hyödyntämistä
BT-kasvi	Siirtogeeninen kasvi, joka tuottaa itse tietyille hyönteisille haitallista bt-toksiinia (<i>Bacillus thuringiensis</i>)
DNA	Deoksiribonukleiinihappo, joka on solun perinnöllistä ainesta. Informaatiota sisältävä ja siirtävä aine. Sijaitsee kromosomeissa ja muodostaa kaksoiskierteen
Estrogeeni	Naishormoni, joka säätelee sukupuoliominaisuuksia
Fungisidi	Kasvitautilien torjunta-aine, joka vaikuttaa haitallisesti sieniin
Geeni	Perinnöllistä ominaisuutta ohjaava Dna- jakso, joka sisältää tiedon valkuaisaineen ja Rna- molekyylien valmistamiseen.

Geenikartta	Geenien tai merkkigeenien sijaintipaikkoja kromosomissa kuvaava kaavio
Geenipyssy	Dna siirtoon käytetty laite. Soluun ammutaan mikroskooppisia metallihiukkasia (kulta). Käytetään yksisirkkaisilla kasveilla geenien siirrossa
Geenitekniikka	Perintöaineksen muokkaaminen tai siirtäminen, geenitekologia, yhdistelmä Dna- tekniikka
Geenivirta	Eliöiden siirtymistä populaatioiden välillä
Genomi	Lajien, yksilön tai solun koko geneettinen aines eli perimä
Gmo	Geeniteknisesti muutettu eliö
Herbisidi	Rikkakasvien torjunta-aine
Horisontaalinen	Geneettisen materiaalin siirtyminen eri lajien eliöiden sisällä, jotka eivät pysty lisääntymään keskenään.
Hydridi	Kahden perimältään erilaisen yksilön jälkeläinen
Insektisidi	Hyönteisten torjunta-aine
Kromosomi	Dna:sta ja tumallisilla eliöillä myös proteiinista koostuva rihmasto, joka sisältää pääosan solun geeneistä
Merkkigeeni	Geeni, jonka avulla voidaan paikantaa ja tunnistaa siirretty geeni
Organismi	Eliö (mikrobi, eläin, kasvi)
Patogeeni	Taudinaiheuttaja
Poistogeeninen	Muuntogeeninen eliö, jonka jokin geeni on tehty toimintakyvyttömäksi

Populaatio	Yksilöiden joukko, jotka kuuluvat samaan lajiin ja elävät samanaikaisesti samalla alueella.
Proteiini	Valkuaisaine
Resistenssi	Eliön oma vastustuskyky sairautta, mikrobeja, torjunta-ainetta tai lääkeainetta vastaan
Rna	Ribonukleiinihappo
Siirtogeeninen	Muuntogeeninen kasvi, eläin tai bakteeri johon siirretty vieras geeni
Toksinen	Myrkyllinen
Transformaatio	Dna:n siirto toiseen kasviin

Kuvio- ja taulukkoluetelo

<i>Kuva 1. Geeni.</i>	13
<i>Kuva 2. Muuntogeenisten kasvien viljelyalat</i>	18
<i>Kuva 3. Viljelyalojen jakauma.</i>	19
<i>Taulukko 1. Kasvigeenitekniikan käyttäjämaat, viljelyalat ja kasvit.</i>	20
<i>Kuva 4. Yleisimmät ominaisuudet muuntogeenisillä kasveilla 2008.</i>	23
<i>Taulukko 2. Kenttäkokeet Suomessa vuoteen 2008 mennessä.</i>	24
<i>Taulukko 3. Yhteenveto muuntogeenisten kasvien mahdollisuuksista</i>	27
<i>Taulukko 4. Yhteenveto muuntogeenisten kasvien riskeistä</i>	33
<i>Taulukko 5. Viljelykasvien sukulaislajit Suomessa</i>	41
<i>Taulukko 6. Suositukset suojaetäisyyksistä</i>	42
<i>Kuva 5. Viljelijöiden kanta muuntogeenisten kasvien viljelyyn)</i>	46
<i>Kuva 6. Suomalaisten asenteet geenimuuntelua kohtaan.</i>	47
<i>Taulukko 7. SWOT- analyysi</i>	58
<i>Taulukko 8. Muuntogeenisten kasvien vastustamisen syyt</i>	59

1 JOHDANTO

Geenitekniikan käyttö kasvinjalostuksessa on vielä melko uutta, vaikka muuntogeenisiä kasveja on viljelty monissa maissa jo vuosia. Ensimmäiset muuntogeeniset kasvilajikkeet otettiin käyttöön vuonna 1994 Yhdysvalloissa. Suomessa ei ole käytössä vielä yhtään muuntogeenistä viljelylajiketta, vaikka maailmalla ne ovat jo saavuttaneet merkittävän aseman kasvinjalostuksessa. Suomessa on tehty omia laboratorio- ja kenttäkokeita muutamilla viljelykasveilla, mutta varsinaiseen viljelyyn täällä ei vielä ole otettu yhtään muuntogeenistä kasvia.

Kenttäkokeilla on yritetty selvittää, minkälaisia ympäristövaikutuksia muuntogeeniset kasvit aiheuttavat luonnon olosuhteissa. Kaikkia niiden vaikutuksia ympäristöön ei silti vielä tiedetä. Kenttäkokeet ovat monesti pieniä aloiltaan, lyhyitä ja hyvin valvottuja, tästä syystä niiden ympäristövaikutukset eivät tule helposti esille.

Muuntogeenisten kasvien käyttö kasvinjalostuksessa on herättänyt kiivasta keskustelua. Suurimmat pelonaiheet ovat, että muuntogeeniset kasvinlajikkeet leviävät hallitsemattomasti ympäristöön ja aiheuttavat terveysriskejä. Ihmisten asenteet johtuvat monesti siitä, että geenitekniikasta ei tiedetä riittävästi.

Geenitekniikka voi tuoda tullessaan myös hyödyllisiä asioita. Geenitekniikan luomat mahdollisuudet voivat olla lähes rajattomia, mikäli todella pyritään ja onnistutaan kehittämään ravintoarvoiltaan parempia ja kestävämpiä lajikkeita. Geenitekniikalla pyritään vähentämään myrkyllisten aineiden, kuten rikkakasvi- ja tuholaisaineiden käyttöä viljelyksillä. Lisäksi geenitekniikan avulla voidaan kehittää ja parantaa kasveille monia hyödyllisiä ominaisuuksia.

Geenitekniikan käyttöönotossa ympäristövaikutusten seuranta ja arviointi on erityisen tärkeää. Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää, minkälaisia ympäristövaikutuksia muuntogeenisten kasvien viljely voi tuoda tullessaan ja mitä mahdollisia haittoja ja hyötyjä geenitekniikan käyttöönotosta olisi kasvituotannolle.

Työni jakautuu eri osiin. Ensimmäisessä osassa olen selvittänyt kirjallisuuden pohjalta geenitekniikan teoriaa ja sen käsitteitä. Lisäksi olen selvittänyt muuntogeenisten kasvien tilannetta tällä hetkellä maailmassa ja Suomessa. Toisessa osassa olen selvittänyt muuntogeenisten kasvien mahdollisuuksia ja uhkia nyt ja tulevaisuudessa. Kolmanneksi olen selvittänyt riskien hallintakeinoja ja Suomen viljelykasvien leviämiskä. Lopuksi olen vielä selvittänyt asenteita ja lainsäädäntöä.

Geenitekniikka kasvinjalostuksessa ja muuntogeeniset kasvit ravintona jakavat tutkijoiden ja kansalaisten mielipiteet. Osa vastustaa geenimuuntelua, ja he pitävät geenimuuntelua riskinä. Vastustajien perusteina ovat liian suuret ympäristö- ja terveysriskit. Vastustajien mielestä geenitekniikan tuomat edut ja mahdollisuudet eivät ole merkittäviä, tai niillä saavutetaan vain vähäistä hyötyä. Geenitekniikkaan kriittisimmän asenteen omaavia lähteitäni ovat mm. Steven Druker, Liisa Kuusipalo ja Hannes Pekkala.

Kannattajista innokkaimpia geenitekniikan puolustajia ovat Markku Keinänen, Viola Niklander-Teeri ja Jussi Tammisola. Heidän mielestään muuntogeeniset kasvit eivät ole yhtään vaarallisempia ympäristölle tai aiheuta enempää terveysriskejä kuin tavanomaisella tavalla viljeltävät lajikkeet. Useimmat tutkijat ovat kuitenkin kirjoittaneet melko neutraalisti, eivätkä ota kantaa selvästi puolesta tai vastaan. Esimerkkejä tutkijoista, jotka suhtautuvat neutraalisti geenitekniikkaan ovat mm. Susan Aldridge, Katileena Lohtander-Bucklee, Veli Kauppinen, Reetta Kettunen Mikko Rask, Marja Ruohonen-Lehto, Ahti Salo ja Kirsi Törmäkangas. Monen tutkimuksen lopuksi tutkijat kuitenkin huomauttavat, että tutkimuksia ja kokeita tarvitaan lisää. Siihen asti muuntogeenisten kasvien viljelyyn tulee suhtautua varovaisuutta noudattaen.

2 GEENITEKNIikka KASVINJALOSTUKSESSA

Viljelykasvien viljelyssä on aina ollut samoja ongelmia. Tuholaiset, taudit ja huonot viljelyolosuhteet ovat vähentäneet maailman satotasoa kautta aikojen. Muunto-geenisten kasvien avulla pyritään vähentämään näitä ongelmia ja yritetään kehittää kasveja vaikeisiin olosuhteisiin sekä parantaa kasvien ravintoarvoja. (Happonen ym. 2006, 122.)

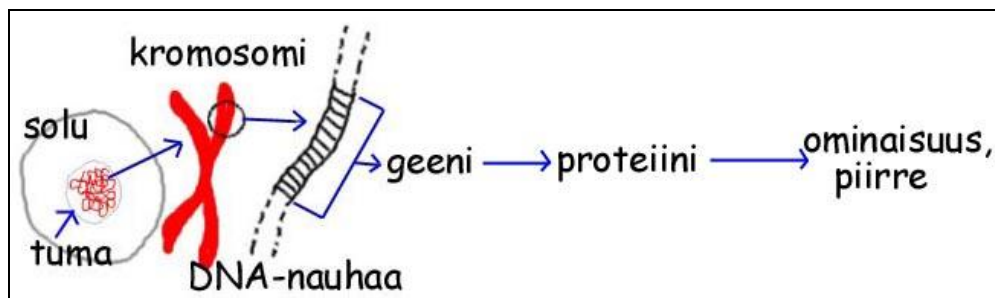
2.1 Kasvinjalostuksen historiaa

Kasveja on jalostettu jo yli 10000 vuoden ajan, siitä lähtien kun ihmiset ottivat viljelyyn ensimmäiset viljelykasvinsa. Parhaat kasvit valittiin ja niitä kehitettiin satoisemmiksi lajikkeiksi. Aiemmin kasvit jalostettiin vain valintaa käyttäen ja kasvinjalostus pysyi samanlaisena aina viime vuosisataan asti, jolloin kasvinjalostustiede sai alkunsa. Kasveja alettiin jalostaa tieteellisemmin 140 vuotta sitten, kun augustinolaisen munkin Gregor Mendelin herneiden risteytyskokeet loivat perustan kasvien risteytysjalostukselle. (Ulmanen, Valste & Viitanen 1997, 82.) Risteytysjalostuksessa ei valita vain parhaimpia kasveja, vaan pyritään luomaan uusia ominaisuuksia (Somersalo 1998, 23).

Perinteisellä kasvinjalostuksella kasveja on saatu jalostettua satoisemmiksi lajikkeiksi, mutta jalostamalla on myös saatu aikaan epäedullisia ominaisuuksia. Perinteinen jalostus ei ole pystynyt vaikuttamaan vain yhteen tiettyyn ominaisuuteen, vaan jalostuksen vaikutus on ulottunut kasveissa moniin ominaisuuksiin. (Ulmanen ym. 1997, 87.) Perinteisen kasvinjalostuksen ongelmana on monesti ollut myös se, että jalostuksessa on menetetty osa kasvilajikkeiden aikaisemmin jalostetuista hyvistä ominaisuuksista (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa. 2005a, 76).

2.2 Geeni

Kaikki kasvit muodostuvat soluista, kuten myös eläimet, ihmiset ja mikrobit. Soluissa on tuma, jossa sijaitsevat kromosomit. Kromosomeissa on DNA:ta eli Deoksiribonukleiinihappoa ja valkuaisaineita. Nämä muodostavat yhdessä DNA:n kaksoiskierteen, jossa on neljä emäsmolekyyliä, jotka ovat nimeltään adeniini, sytosiini, guaniini ja tymiini. Emäkset ovat toisiinsa kytkeytyneitä pareja, joiden järjestys säätelee geneettistä perimäämme koodilla, jonka tieto sijaitsee DNA:ssa. Geeni on kromosomeissa sijaitseva DNA-jakso, joka ohjaa valkuaisaineiden tuottamista. Jokaisella valkuaisaineella on oma DNA-jaksonsa. Geeni on perinnöllisyystieteen perusta. (Happonen ym. 2006, 46–47.)



Kuva 1. Geeni. (Kangasvuo 2001.)

2.3 Geenitekniikka kasvinjalostuksessa

Kasvinjalostuksen uusi keino on kasvien perimän muuttaminen geenitekniikan avulla. Geenitekniikka on biotekniikan osa-alue, jossa voidaan muuttaa kasvien molekyylejä DNA-tekniikan avulla. DNA-tekniikka on osa menetelmiä, joiden avulla DNA:ta voidaan katkaista, liittää, kopioida ja siirtää toisiin soluihin ja toisiin eliöihin. Muuntogeenisiä kasveja muutetaan lisäämällä niihin vieraiden eliöiden geenejä tai jo kasvissa olevia geenejä voidaan muokata. Suurin ero perinteiseen kasvinjalostuk-

seen on se, että geenejä voidaan siirtää myös eri lajien välillä. (Somersalo 1998, 28.)

Geenitekniikassa pyritään selvittämään eliöiden geenikartat ja sekvensoimaan eli selvittämään kasvien DNA:n emäsjärjestys. Proteiinien aminohappojärjestys voidaan myös selvittää lähetti-RNA:n avulla. (Happonen ym. 2006, 95.) RNA on toinen nukleinihappo, jota solut sisältävät. RNA:n tehtävänä solussa on geneettisen informaation siirto, minkä lisäksi se toimii geenien toiminnan säätelyssä. (Happonen ym. 2006, 47.) Perimän tunteminen on edellytys geenien siirrolle. Geenikartoituksen avulla voidaan myös tutkia, analysoida ja etsiä geenivirheitä. (Happonen ym. 2006, 95.)

Geenitekniikan perusteet geenien siirtoon koostuvat pelkistettynä kuudesta eri vaiheesta: DNA katkaistaan, tunnistetaan emäsjärjestys, etsitään tietty paikka DNA:sta, liitetään DNA:n palat yhteen, monistetaan DNA ja siirretään geenit soluun ja toiseen eliöön. (Happonen ym. 2006, 85.)

Geenitekniikan avulla pystytään vaikuttamaan kasvien yksittäisiin geeneihin. Kasveihin voidaan siirtää ylimääräisiä geenejä, kun halutaan niihin ylimääräisiä tai uusia ominaisuuksia. Geeninsiirrossa yksinkertaisimmillaan siirretään vierasta geeniä niin, että kasvi alkaa tuottaa vierasta proteiinia. (Ulmanen 1997, 87.) Esimerkkinä kultainen riisi, johon on siirretty maissin geenejä niin, että se tuottaa enemmän A-vitamiinia.

Geenitekniikan avulla voidaan myös poistaa tiettyjä ominaisuuksia (Happonen ym. 2006, 125). Esimerkiksi puuvillasta on onnistuttu jo poistamaan gossypol-myrkkyä tuottava geeni, joka aiheuttaa myrkyllisyyden puuvillan syötävissä osissa. Geenimuuntelulla estettiin myrkkyä tuottavien geenien toiminta puuvillan syötäviin osiin. (Tammisola 2009, 4.)

Tupakka oli ensimmäinen kasvi, johon on käytetty geenimuuntelua vuonna 1983. Tällä hetkellä geenitekniikkaa voidaan käyttää jo lähes kaikkiin tunnettuihin viljelykasveihin. (Somersalo 1998, 34.)

2.3.1 Geeninsiirto kasveihin

DNA:n siirtämistä toiseen kasviin sanotaan transformaatioksi. Siirron onnistuessa tuloksena on muuntogeeninen kasvi. Geeninsiirtomenetelmiä kasveihin on useita. Geenejä voidaan siirtää kasveihin siirtovektoreilla, jotka ovat esimerkiksi bakteeri- tai virusperäisiä geenirakenteita. (Somersalo 1998, 29–34.)

Yleisimmin käytetty menetelmä tuottaa muuntogeenisiä kasveja on siirtää vieras geeni kasviin bakteerin avulla. *Agrobacterium tumefaciens* on yksi käytetyimmistä bakteereista, jonka avulla kasveihin on siirretty toisen eliön DNA:ta. Agrobakteereiden kykyä siirtää oma perimä kasvisoluun on hyödynnetty geenitekniikassa. Agrobakteerit eivät kuitenkaan sovellu yksisirkkaisten kasvien, kuten viljojen DNA:n siirtoihin. Viljoille ja muille yksisirkkaisille kasveille sopivat paremmin suorat geeninsiirtomenetelmät. Uusin tekniikka on ampua geenipyssyllä DNA kasviin. (Aldridge 1999, 218–220.) DNA:n ampumisessa apuna käytetään metallihiukkasia, jotka ammutaan kasvisoluun. Tulevaisuudessa ollaan kehittämässä myös agrobakteerimenetelmiä, jotka sopisivat myös yksisirkkaisille kasveille kuten kauralle. (Kiviharju ym. 2007, 63–64.)

Kun siirretään geeniä kasviin ei tiedetä etukäteen, mihin kohtaan genomia siirrettävä geeni sijoittuu tai toimiiko geeni halutulla tavalla. Tämän vuoksi ne kasvit, jotka saavat siirretyn ominaisuuden onnistuneesti, täytyy tunnistaa. Tunnistamisen helpottamiseksi geeninsiirroissa käytetään yleensä merkkigeenejä apuvälineinä. Lopuksi onnistuneista muuntogeenisistä kasveista kasvatetaan klooneja. (Happonen ym. 2006, 123.)

Varhaisemmassa geenitekniikassa ei ole etukäteen voitu tietää, kuinka soluun siirrettävä geeni on asettunut kasvin kromosomiin. Geeninsiirtomenetelmät ovat vaatineet monia eri tuotantolinjoja, että on saatu tuotettua haluttuja ominaisuuksia kasveihin. (Salo ym. 2004, 16-17.) Nykypäivänä pystytään jo hyvin tarkasti suuntaamaan geeninsiirrot oikeisiin kohtiin kromosomissa, jolloin vain tiettyyn ominaisuuteen pystytään vaikuttamaan. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa. 2005a, 74.)

Muuntogeenisen viljelykasvin kehittämiseen kuluu aikaa noin kymmenen vuotta. Lisäksi kasvien viljelyyn saattaminen on kallista ja muuntogeenisten kasvien tuotehyväksyntä on vielä vaikeaa. (Maa- ja metsätalousministeriön geenitekniikkastrategia 2009–2013, 11.) Suomen geenitekniikkastrategian mukaan muuntogeenisiä lajikkeita tulisi käyttää vain, jos muuten haluttua jalostusominaisuutta ei saada tuotettua.

2.3.2 Geenitekniikan käyttö jalostuksen apuvälineenä laboratoriossa

Geenitekniikkaa voidaan käyttää kasvinjalostuksessa myös apuvälineenä kasvien ominaisuuksien ja tautikestävyyden parantamisessa. Geenitekniikan avulla pyritään kehittämään parempia ja kestävämpiä lajikkeita. (Somersalo 1998, 27-28.)

Suomessa on jo kehitetty geeninsiirtomenetelmä ohralle, jolla voidaan tutkia ohran verkkolaikkutautia. Verkkolaikkutauti on yksin ohran merkittävimmistä taudeista Suomessa. Tutkimuksessa oli tarkoituksena etsiä verkkolaikkutaudille vastustuskykyiset geenit, joita on tarkoitus viedä viljelylajikkeisiin. Verkkolaikkutaudin tutkimuksessa geenitekniikkaa käytetään vain apuvälineenä; tarkoitus ei ole tuottaa muuntogeenisiä kasveja. (Haavisto 2007.)

Helsingin yliopisto on tutkinut gerberaa eli sädelatvaa laboratoriossa. Tutkimuksessa tutkitaan kasvin kehityksen säätelyä. Tutkijat yrittävät selvittää, miksi luonnossa on niin monenlaisia ja kasvutavoiltaan erilaisia kasveja, vaikka niiden perimän erot ovat niin pieniä. Tutkijat ovatkin sitä mieltä, että todennäköisesti eri lajien väliset erot johtuvat geenien toiminnan säätelystä ja eri geenien vuorovaikutuksen aiheuttamista suhteista, ei niinkään eri geeneistä. (Happonen ym. 2006, 112.) DNA on edelleen tärkeä tutkimuskohde geenitekniikassa, koska vielääkään ei tunneta kaikkia geenien toimintojen säätelyyn vaikuttavia tekijöitä tai kasvien välisiä vuorovaikutussuhteita. (Happonen ym. 2006, 11.)

2.3.3 Geenitekniikka eläimillä

Eläinten jalostuksella geenitekniikka pyrkii samoihin tavoitteisiin kuin perinteinenkin eläinten jalostus. Eläinten tuotanto-ominaisuuksia ja terveyttä pyritään edistämään. Lisäksi geenitekniikka on käyttänyt eläimiä lääketieteellisissä kokeissa tautimalleina ja lääkinnällisen proteiinin tuottajina. Ero perinteiseen jalostukseen on, että lajien rajat jalostuksessa voidaan ylittää ja tuoda eläimiin uusia ominaisuuksia, joita muuten ei saisi niihin jalostettua. Esimerkkinä geenitekniikalla jalostetusta eläimestä voisi olla esimerkiksi parempaa ja terveellisempää lihaa tuottavat eläimet. Lisäksi geenitekniikkaa voitaisiin käyttää eläinperäisten tuotteiden jatkojalostuksen apuvälineenä. Esimerkiksi maidon kaseiinipitoisuuden lisääminen, auttaisi juustonvalmistusta. (Happonen ym. 2006, 127–128.)

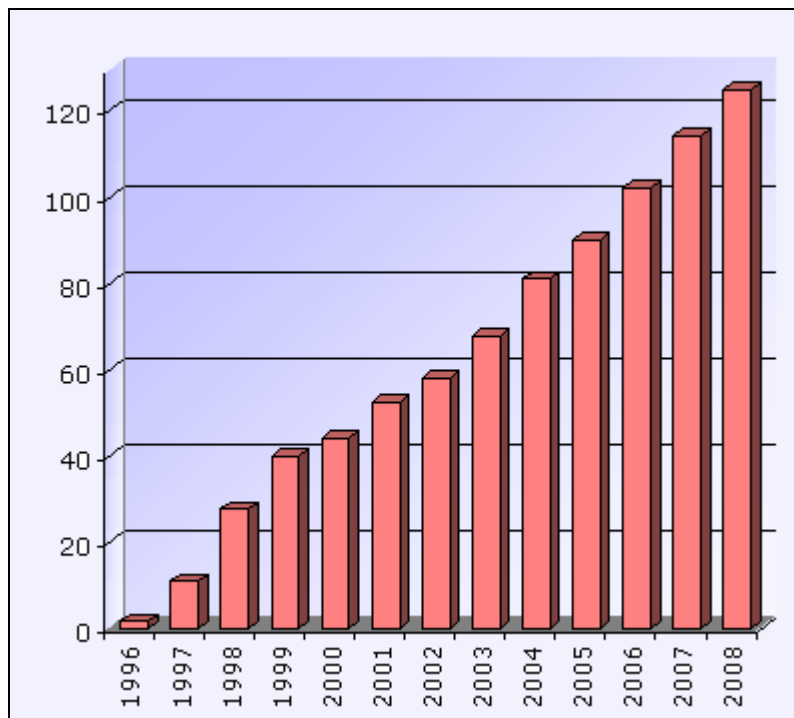
Geenitekniikassa on vuodesta 1996 asti kloonattu eläimiä tumansiirron avulla. Kloonattavalta eläimeltä otetaan esimerkiksi korvasta ihon soluja, joista saadaan perimä kloonattavalle eläimelle. Ensimmäinen kloonattu eläin oli Dolly-lammas, jonka jälkeen on kloonattu mm. lehmä, sika, muulia, hevonen, vuohi, apina, kissa, hiiri ja koira. (Happonen ym. 2006, 110.)

Muuntogeenisten eläinten tuottaminen ei ole onnistunut tavoitteiden mukaan. Muuntogeeniset eläimet ovat olleet sairaita, ja niissä on ollut paljon erilaisia vikoja ja sairauksia. Lisäksi niissä on esiintynyt runsaasti kuolleisuutta jo alkiovaiheessa. (Happonen ym. 2003, 111.) Yksi esimerkki muuntogeenisestä eläimestä on Huomen-vasikka, jonka tarkoitus oli tuottaa lääkemaitoa ihmisen erytropoietiinigeenin avulla. Erytropoietiini on punasolujen kasvutekijä. Geeninsiirrossa oli ollut tarkoituksena, että geeni olisi vaikuttanut vain maitorauhasiin. Tutkijat epäilivät, että erytropoietiini oli vuotanut myös eläimen muihin kudoksiin, mikä aiheutti sille sairauksia. Lisäksi amerikkalainen yritys oli jo aiemmin patentoinut erytropoietiinigeenin. (Happonen ym. 2003, 151.)

3 MUUNTOGEEENISTEN KASVIEN VILJELY

3.1 Viljelyalat ja käyttäjämaat

Koko maailman viljelyala oli vuonna 2007 noin 1500 miljoonaa hehtaaria. Koko maailman viljelyala on noin 12 % koko maapallon maapinta-alasta. EU:ssa viljelyalaa on noin 28 % koko EU:n pinta-alasta ja Suomessa vain noin 7 % koko maan pinta-alasta. (Tilastokeskus 2009.) Muuntogeenisten kasvien viljelyala oli vuonna 2008 noin 10 % koko maailman viljellystä pinta-alasta, yhteensä noin 125 miljoonaa hehtaaria (kuva 2).



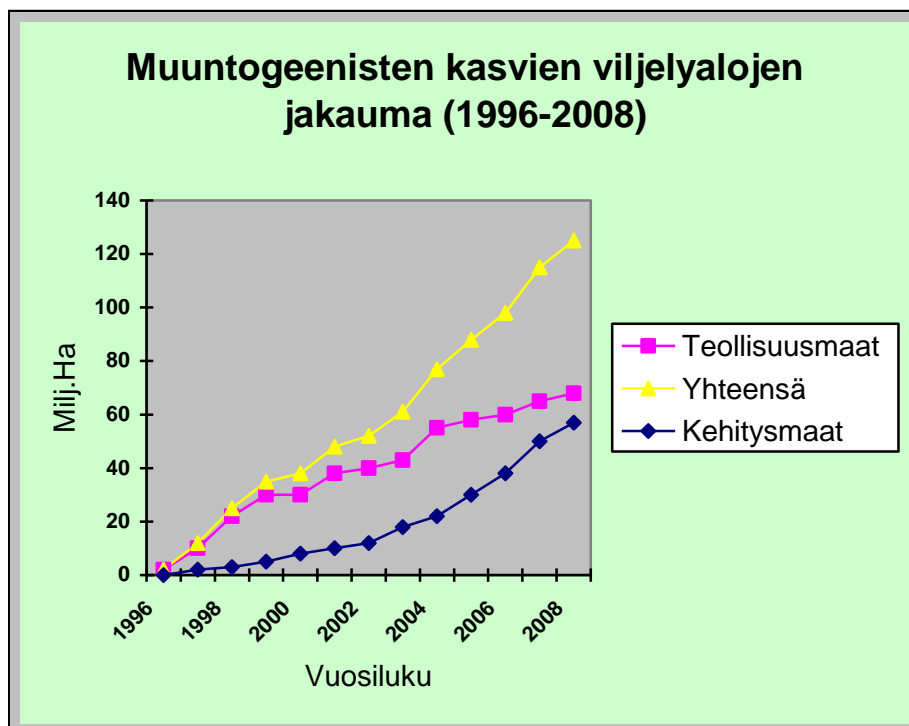
Kuva 2. Muuntogeenisten kasvien viljelyalat (miljoona/ha). (TransGen 2009.)

Muuntogeenisten kasvien viljelyala on lisääntynyt vuosittain noin 10 % siitä lähtien, kun muuntogeenisiä kasveja alettiin viljellä 1996. Euroopassa viljeltiin muuntogeenisiä kasveja vuonna 2008 noin 0.11 miljoonalla hehtaarilla. Espanjassa viljellään $\frac{3}{4}$ Euroopan muuntogeenisistä kasveista. (EU- raportti. 2009a.) Muut Euroopan maat, jotka käyttävät viljelyssä muuntogeenisiä lajikkeita, ovat Ranska, Tsekin

tasavalta, Portugali, Saksa, Slovakia, Romania ja Puola. (Maa- ja metsätalousministeriön geeniteknikkastrategia ja toimenpideohjelma vuosille 2009–2013 2009, 11.) Euroopassa EU:n alueella on jo aiemmin hyväksytty viljeltäväksi muuntogeeninen maissi ja soija sekä ainoastaan siementuotantoon käytettävä rapsi (Finwood 2007).

Muuntogeenistä kasvinviljelyä voisi periaatteessa jo nyt harjoittaa Suomessa, mutta vasta maaliskuussa 2010 EU hyväksyi ensimmäisen muuntogeenisen kasvin, jota voisi viljellä myös Suomessa. Kyseessä on tärkkelysperuna Amflora, jota on tarkoitus käyttää tärkkelysteollisuudessa ja eläinten rehuna. Suomessa kyseiselle tärkkelysperunalle on jo haettu kenttäkoelupaa. (Ilkka. 3.3.2010.)

Viljelyaloista teollisuusmaissa viljellään enemmän muuntogeenisiä kasveja kuin kehitysmaissa. Tulevaisuuden kehitys näyttää siltä, että kehitysmaat nostavat viljelyalojansa nopeamassa tahdissa kuin teollisuusmaat (kuva 3).



Kuva 3. Viljelyalojen jakauma. (James 2009.)

Yleisimmät muuntogeeniset viljelykasvit koko maailmassa ovat maissi, soija, puuvilla, rapsi, tomaatti, sokerijuurikas, riisi ja tupakka. Maailman suurin muuntogeenisten kasvien viljelijä on USA. USA:n viljelypinta-alasta yli 60 %:ssa on jo käytössä muuntogeenisiä kasveja (taulukko 1). (Happonen ym. 2006, 123.) (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Kasvigeenitekniikan käyttäjämaat, viljelyalat ja kasvit. (James 2009.)

Lista	Maa	Viljelyala	Geenimuunneltu kasvi
		(miljoona Ha)	
1	USA	62.5	Soijapapu, maissi, Puuvilla, Rapsi, Kesäkurpitsa, papaija, Sinimailanen
2	Argentiina	21.0	Soijapapu, Maissi, Puuvilla,
3	Brasilia	15.0	Soijapapu, Puuvilla, Soijapapu
4	Kanada	7.0	Rapsi, Maissi
5	Intia	7.0	Puuvilla
6	Kiina	4.0	Puuvilla, Tomaatti, Poppeli, Petunia, Papaija, Paprika
7	Paraguay	3.0	Soijapapu
8	Etelä-Afrikka	2.0	Maissi, Soijapapu, Puuvilla
9	Uruguay	0.5	Soijapapu, Maissi
10	Filippiinit	0.3	Maissi
11	Australia	0.1	Puuvilla
12	Espanja	0.1	Maissi
13	Mexico	0.1	Puuvilla, Soijapapu
14	Kolumbia	<0.1	Puuvilla, Neilikka
15	Chile	<0.1	Maissi, Soijapapu, Rapsi
16	Ranska	<0.1	Maissi
17	Honduras	<0.1	Maissi
18	Tsekin Tasavalta	<0.1	Maissi
19	Portugali	<0.1	Maissi
20	Saksa	<0.1	Maissi
21	Slovakia	<0.1	Maissi
22	Romania	<0.1	Maissi
23	Puola	<0.1	Maissi
24	Slovakia	<0.1	Maissi
25	Egypti	<0.1	Maissi

3.2 Kehitetyt ominaisuudet

Geenitekniikalla on tähän mennessä muokattu kasvien laatu- ja kestävyysominaisuuksia. Laatuominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi hedelmien parempi säilyminen tai

kasvien ravintoarvojen muokkaaminen. Laatuominaisuuksien kehittäminen on pääsääntöisesti kuitenkin vasta kenttäkoevaiheessa. Varsinaiseen viljelyyn näitä kasveja ei vielä ole otettu. Kestävyyssominaisuuksilla on pyritty kehittämään kasvien vastustuskykyä hyönteisiä, sienitauteja, viruksia, rikkakasveja ja torjunta-aineita vastaan. Lisäksi geenitekniikalla on pyritty parantamaan kasvien kestävyttä ympäristörasituksia, kuten maaperän suolaisuutta ja ilmaston kuivuutta tai kylmyyttä vastaan. Kehitetyistä kestävyssominaisuuksista on otettu käyttöön pääsääntöisesti vasta hyönteisiä tuhoavat ja herbisidejä kestävät kasvit. (Somersalo 1998, 40.)

3.2.1 Ravintoarvojen parannuksia

Yksi ensimmäisistä ravintoarvon parannuksista tehtiin tomaatille. Tomaatista estettiin geenimuuntelulla yhden geenin toiminta, joka tuotti entsyymiä ja hajotti soluseinä-mää. Tomaatin säilyvyys parani huomattavasti, mutta tomaatti ei koskaan saavuttanut suosiota, koska sen maku ei houkuttanut kuluttajia. (Happonen ym. 2007, 125.)

Kultainen riisi on yksi geenimuunnelluista lajikkeista, jonka ravintoarvoa on muutettu. Riisin beetakaroteeniarvoja on parannettu niin, että jo 200-300g:sta kultaista riisiä saa päivittäisen annoksen A-vitamiinia. Kultainen riisi on suunnattu nimenomaan kehitysmaihin, joissa satoja tuhansia ihmisiä sokeutuu ja kuolee vuosittain A-vitamiinin puutteen vuoksi. Kultaisen riisin ensimmäiseen versioon oli siirretty kaksi geeniä narsissista, mutta uusimmassa versiossa kultaisen riisin geeninsiirrossa on käytetty maissin geenejä. Uusin versio onkin ravintoarvoltaan huomattavasti parempi kuin ensimmäiset versiot. (Happonen ym. 2007, 125.)

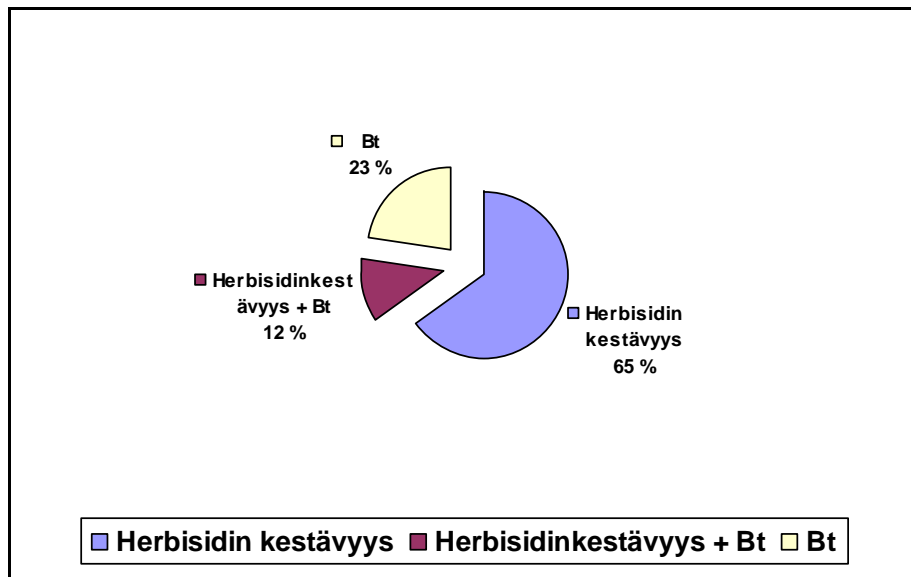
Syötäviä puuvillasiemeniä on myös kehitetty geenimuuntelulla. Puuvilla on muuten myrkyllinen, mutta poistamalla siemenistä myrkyllisyyden, voi niitä käyttää ravintona. Puuvilla on erittäin proteiinipitoista, joten myrkyttömät puuvillan siemenet ovat myös suuri apu kehitysmaille. Proteiinin puute kehitysmaissa on erittäin yleistä ja se aiheuttaa häiriöitä aivojen kehityksessä. Puuvillasta estettiin vain tietyn geenin toiminta, joka tuottaa myrkkyä siemeniin. Muut kasvinosat saivat säilyttää myrkyllisyytensä, jotta ne voivat suojautua tuholaisia vastaan. (Tammisola 2009, 4.)

3.2.2 Kestävyyssominaisuuksien parannuksia

Monilla viljelykasveilla on voinut käyttää vain harvoja ja valikoituja herbisidejä, ilman että ne itse olisivat tuhoutuneet. Tästä on ollut seurauksena, että kaikki rikkakasvit eivät ole tuhoutuneet. Herbisidikestävyys auttaa kasvia kestämään herbisidit, mutta rikkakasvit tuhoutuvat.

Yksi ensimmäisistä herbisidikestävyyden geenimuuntelun avulla saavutettu ominaisuus oli glyfosinaatti ammoniumin kestävyuden siirtäminen maissiin ja rapsiin. Glyfosinaatti on lehtiherbisidi, jota käytetään Suomessa esimerkiksi perunan ja porkkanan viljelyssä. Glyfosaatin kestävyyttä kasveilla on myös parannettu. Glyfosaatti on herbisidi, joka kulkeutuu kasvin lehdistä tehokkaasti juurakoihin. Glyfosaatilla ei ole pystytty valikoimaan, mitä kasveja tuhotaan. Glyfosaatin kestävyys on onnistuneesti siirretty ainakin maissiin, soijaan, sokerijuurikkaaseen, rapsiin ja poppeliin. Herbisidikestävyys on yksi eniten käytetyistä geenimuunnelluista ominaisuuksista kasvinviljelyssä (kuva4). (Häikiö & Kangasjärvi 1997, 39–40.)

Kasveja on myös kehitetty vastustamaan ja tuhoamaan itse hyönteisiä (Somersalo 1998, 40). Esimerkkinä *Bt*-Maissi, joka pystyy itse tuottamaan proteiinia, joka tuhoaa tuhohyönteisten toukkia, kun ne syövät kasvien lehtiä. Tätä proteiinia on saatu maaperäbakteerista nimeltä *Bacillus thuringiensis*. (Hannula, Somerma, Fagerstedt & Haahtela 2006, 147.)



Kuva 4. Yleisimmät ominaisuudet muuntogeenisillä kasveilla 2008. (James 2009.)

3.3 Kenttäkoetoiminta

Kenttäkokeiden tarkoituksena on selvittää, minkälaisia muutoksia geneettinen muokkaaminen on aiheuttanut kasveille ja niiden riskejä. Kenttäkokeen järjestäjä voi kenttäkokeilla tutkia esimerkiksi muuntogeenisen kasvin siementuotantoa, sadontuottokykyä, ympäristöriskiä tai mahdollisia arvaamattomia vaikutuksia ympäristölle. (Geenitekniiikan lautakunta 2009a.)

Kenttäkokeita tarvitaan, koska kasvihuoneissa ei ole luonnon olosuhteita. Luontoa ei pystytä matkimaan, koska ulkona vaikuttavat maaperän pieneliöt, kasvintuhoajat ja patogeenit. Kenttäkokeita tarvitaan myös siksi, jotta nähdään kuinka geenimuunnellut kasvit selviävät ympäristön muuttuvissa olosuhteissa kehityksen ja kasvun eri vaiheissa. (Keinänen 2005.)

Suomessa tehtyjä kenttäkokeita ovat järjestäneet mm. Helsingin, Joensuun ja Oulun yliopistot, AgrEvo Nordic, Boreal kasvinjalostus Oy, Hilleberg ab, Kemira agro Oy, Mildola Oy, Novartis seeds, Maatalouden tutkimuskeskus, Metsäntutkimuskeskus, Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus ja Suomen ympäristökeskus, (Euroopan komissio 2010.) Suomessa valtaosa kenttäkokeista on järjestetty

ennen vuotta 2004. Perunalla on tutkittu tärkkelyspitoisuutta vuosien 2004 - 2008 välisenä aikana. Koivuilla on tehty tutkimusta kukkimattomista koivuista vuosina 2005 - 2008. Tällä hetkellä Suomessa on meneillään yksi kenttäkoe koivulle, joka on jatkokoe edelliselle kukkimattomien koivujen kokeelle. (Geenitekniikan lautakunta 2010.)

Taulukko 2. Kenttäkokeet Suomessa vuoteen 2008 mennessä. (Lohtander-Buckbee, Törmäkangas & Ruohonen-Lehto 2004, Geenitekniikan lautakunta 2010 ja Euroopan komissio 2010.)

Kasvi	Tutkittu ominaisuus	KOKEIDEN LUKUMÄÄRÄ
Ohra	Siitepölyn leviäminen	2
Parsakaali, kaali, kukkakaali	Hyönteiskestävyys	1
Sokerijuurikas	Kestävyys rikkakasvien torjunta-aineille	5
Kuusi	Merkkigeeni	2
Mänty	Merkkigeeni	2
Koivu	Merkkigeeni	2
Koivu	Hyönteiskestävyys	2
Koivu	Koivun kukkiminen	1
Koivu	Kasvuominaisuudet	1
Rapsi	herbisidikestävyys	1
Rapsi	Rasvahappomuunnos	1
Rypsi	Hyönteiskestävyys	1
Peruna	Sienenkestävyys	1
Peruna	Viruskestävyys	2
Peruna	Kukkiminen	1
Peruna	Tärkkelyspitoisuus	2
Tupakka	Stressinsieto	1
Kenttäkokeita	Yhteensä	28

Kenttäkokeiden järjestäjältä vaaditaan tarkkaa selvitystä kasvilajista, muuntogeenisen kasvin ominaisuuksista, siirrettävän eliön ominaisuuksista, ympäristöön levtämistä koskevia tietoja ja riskien arviointia, sekä tiedot levittäjästä ja kokeen järjes-

täjästä. Kenttäkoetta koskevan hakemuksen tekemistä suunnittelevien toiminnanharjoittajien tulee ottaa yhteys geenitekniikan lautakuntaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, kun kenttäkoetta suunnitellaan avoimelle maalle. (Geenitekniikan lautakunta 2010.)

Kaikkia kenttäkokeita varten Suomessa tarvitaan lupa. Joissakin maissa, kuten Yhdysvalloissa, riittää joillakin kasveilla pelkkä ilmoitus geenimuunneltujen lajikkeiden kokeista. Kenttäkokeita varten geenitekniikan lautakunnalta saa lomakkeita toiminnan ilmoittamiseen, luvan hakemiseen ja ohjeita hakemusten täyttämiseen. Lisäksi geenitekniikan lautakunnalta on saatavissa riskinarviointilomakkeita ja valmiita lomakkeita kenttäkokeiden tuloksien kirjaamiseen. Näistä arviointilomakkeista ja ohjeista saa hyvän käsityksen siitä, minkälaisia riskinarviointeja ja toimenpiteitä kenttäkokeen järjestäjiltä vaaditaan. (Geenitekniikan lautakunta 2009a.)

Luvat kenttäkokeisiin Suomessa haetaan geenitekniikan lautakunnalta, jolla on velvollisuus ilmoittaa kenttäkoe hakemukset julkisesti, jotta kansalaiset voivat jättää asiasta vastineen. Tällä hetkellä on julkisessa kuuntelussa lupahakemus tärkkelysperuna Amfloralle, jonka kenttäkoeviljelmä on tarkoitus järjestää Seinäjoen Ylistaroon ja Hämeenlinnan Lammille. Luvan hakija on kansallinen kemianyritys Bast Plant Science Company GmbH. Tästä kenttäkokeesta on tähän mennessä jätetty 20 vastinetta. Vastineen jättäjät ovat pääsääntöisesti kansalais- ja luonnonsuojelujärjestöjen sekä luomuviljelijöiden yhdistyksiä. Geenitekniikan lautakunta päättää julkisen kuulemisen jälkeen kenttäkoeluvasta yhdessä asiantuntijoiden kanssa. (Takalampi 2010, 11.)

MTT:n tutkimusasemalla Jokioisella on järjestetty vuosina 2004–2007 kenttäkokeita perinteisellä tavalla jalostetuilla rapsilla ja rypsillä ja perunalla. Kokeet olivat osa kokonaisuutta, jossa tutkittiin öljykasvien ja perunan jäätikasviriskejä ja leviämiskäskyä Suomen kasvuoloissa 2004–2007. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää muuntogeenisten öljykasvien ja perunan peltoon jäävät lisääntymiskykyiset siemenet ja kasvin osat. Näin osattaisiin arvioida mahdollisen muuntogeenisen lajikkeen jäätikasviriskit. (Erkkilä, Kalender & Schulman 2008; Pahkala, Peltonen-Sainio, Mustonen & Mikkola 2008a & 2008b.)

Tutkimustulosten tarkastelussa huomattiin, että rapsin genomia löytyi jopa 300 metrin päässä kenttäkokeesta. Sitä vastoin peruna ei muodosta suurta riskiä leviämiselle, koska perunan mukulat eivät selviä Suomen talvesta. Perunan mukulat tuhoutuvat jäätymisrajan alapuolella muutamassa kuukaudessa. Tutkijat kuitenkin huomauttavat, että jos sulaan maahan sataa lunta, saattaa se olla riski geeniai- neksen leviämiselle. Vuonna 2007 on kerätty yhteen tehdyt tutkimustulokset perunasta, rypsistä ja rapsista. (Erkkilä, ym. 2008; Pahkala ym. 2008a & 2008b.)

4 GEENITEKNIIKAN EDUT JA MAHDOLLISUUDET

Muuntogeenisten kasvien edut ja mahdollisuudet voidaan jakaa eri kategorioihin: kasvin kestävyysominaisuuksien parantaminen, kasvien laatuominaisuuksien parantaminen, kasvien yhteyttämiskyvyn ja ravinteidenottokyvyn parantaminen sekä kasvien käyttö lääketieteellisuuden apuvälineenä ja ympäristöhaittojen ehkäisyssä.

Taulukkoon on koottu tiedot muuntogeenisten kasvien mahdollisuuksista, jotka on koottu eri lähteistä (Salo ym. 1997; Riihonen & Kettunen 1997; Niklander-Teeri 2004; Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa 2005a; Kettunen, Hielm, & Valkonen 2005. Thomson 2006; Tammisola 2009).

Taulukko 3. Yhteenveto muuntogeenisten kasvien mahdollisuuksista

Yhteenveto muuntogeenisten kasvien mahdollisuuksista		
Ominaisuus	Mahdollisuus	Esimerkki
Torjunta-aineiden käytön vähentäminen	Herbisidikestävyys	Glyfosaatin kestävät kasvit
	Insektisidikestävyys	Bt- kasvit
	Tauti- ja viruskestävyys	Kasvitautilien vastustuskyvyn parantaminen
Ravintoarvon parantaminen	Proteiinin lisääminen	Viljat
	Myrkyllisyyden poistaminen	Puuvilla
	Tärkkelyskoostumuksen parantaminen	Peruna
	Aminohappokoostumuksen parantaminen	Viljat
	Rautapitoisuuden nostaminen	Salaatti
	A-vitamiinien korkeampi pitoisuus	Riisi
	Allergeenien poistaminen	Mansikka
	Rasvahappo koostumuksen parantaminen	Öljykasvit
Sadonmäärän parantaminen	Ravinteiden ottokyky	P & N käytön tehostuminen
	Vedenottokyky	Viljat
	Kuivuuden kestävyys	Viljat
	Suolankestävyys	Riisi
	Yhteyttämiskyky	Viljat
	Happamuuden kestävyys	Happamat sulfaattimaat
	Hallan ja kylmänkestävyys	Peruna
Ympäristöhaittojen ehkäisy	Raskasmetallien sitominen	Lituruoho
Lääketieteellisuuden apuvälineenä	Lääkekasvit	rokotteet, lääkkeet

4.1 Kestävyysominaisuudet

Lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttöä voidaan vähentää, kun kasvit ovat kestävämpiä tuhohyönteisiä, tauteja ja rikkakasveja vastaan. Kasvien kylmänkeston pa-

ranemisen myötä myös niiden kasvukausi voi pidentyä. (Salo ym. 1997, 27.) Jalostettaessa kestävämpiä lajikkeita geenimuuntelun avulla voidaan saada vähennettyä kasvitautien ja homeiden aiheuttamia myrkkyjä kasveissa. Homeiden ja tautien väheneminen kasveissa auttaisi tuottamaan laadultaan parempaa ravintoa. (Riihonen & Kettunen 1997, 23–24.)

Geenitekniikan avulla voidaan luoda tuhohyönteisille vastustuskykyisiä viljelylajikkeita. Käytössä on ollut jo esimerkiksi maissi, soija, puuvilla, rypsi ja rapsi, jotka on tehty *Bacillus thuringiensis* bakteerin avulla vastuskykyisiksi tuhohyönteisille. (Niklander-Teeri 2004, 1.) *BT*-ruiskutteita on ollut käytössä jo yli 40 vuotta ja niillä on torjuttu luonnonmukaisessa viljelyssä mm koloradonkuoriaisia, maissipistiäisiä ja muita toukkia (Nowack ym. 2003, 8).

Kasvien tautikestävyyttä voidaan parantaa antamalla kasveille vastustuskyky tiettyihin tauteihin ja viruksiin. Kasvien resistenssin parantaminen tauteja vastaan voidaan tehdä tulevaisuudessa rokottamalla kasveja tauteja vastaan geenitekniikan avulla. (Ulmanen ym.1997, 88–89.) Perunalle voisi olla suuri merkitys, jos geenimuuntelulla pystytään tuottamaan perunarutolle vastustuskykyisiä lajikkeita. Perunarutto on yksi maailman tuhoisimmista kasvitauodeista, joka tuhoaa perunan mukuiloita ja romahduttaa satotasoja. Villiperunoista on jo löydetty perunaruton kestävä geeni, jota voitaisiin käyttää jalostuksen apuna. Perunaruton kestävyuden ansiosta fungisidiruiskutuksia voitaisiin vähentää huomattavasti. (Tammisola 2009, 59–61.)

Hallan ja kylmän kestävyyttä yritetään kehittää. Halla tuhoaa jopa 15 % maailman kasvintuotannosta, siksi hallankestävyyden geeni voisi auttaa kasvilajikkeita selviytymään kylmemmässä ilmastossa. Hallankestävyyden geeni on jo tunnistettu. Tämä geeni estää jääkiteiden syntymistä kasvien soluissa. (Tammisola 2009, 31.)

Geenimuunnelluiden kasvien käyttöönoton myötä myös maaperän eroosio voisi vähentyä, jos voitaisiin siirtyä enemmän suorakylvömenetelmiin. Suorakylvö onnistuisi paremmin, jos lajikkeet olisivat kilpailukykyisempiä rikkaruohojen ja tuhohyönteisten suhteen. (Lohtander-Buckbee 2004,11.) Kyntämättömän viljelyn edut voivat olla jopa 488-kertaisesti maaperän eroosiota vähentäviä. Argentiinassa muunto-

geeninen soija moninkertaisti kyntämättömän viljelyn vuosina 1996–2004. (Tammisola 2008, 9.)

Kuivuuden kestävien lajikkeiden jalostaminen geenitekniikan avulla olisi suuri apu monissa kuivuutta kärsivissä maissa: Kasvit tuottaisivat sadon normaalia pienemmällä vesimäärällä ja sato pystyttäisiin turvaamaan kuivienkin kausien aikana. Tämä tapahtuisi juuristoa kehittämällä, jolloin kasvit ottaisivat tehokkaammin vettä maaperästä. Kuivuuden kestäviä lajikkeita mm. vehnästä, rapsista ja puuvillasta on jo tutkittu useissa maissa ja niiden odotetaan tulevan viljelyyn seuraavan viiden vuoden aikana. (Tammisola 2009, 30.)

Suolankestäviä lajikkeita olisi myös mahdollisuus kehittää geenimuuntelulla. Tämä olisi suuri apu, koska puolet maailman makean veden varannoista on jo käytössä. Tällä hetkellä on jo kehitetty suolankestäviä lajikkeita riisille, soijalle ja tomaatille. Nämä lajikkeet keräävät suolan lehtiinsä, ei siemeniinsä tai hedelmiin, jolloin nämä osat kasvista on käytettävissä ravinnoksi. Kasveihin on siirretty suolankestävyys geeni, jonka vuoksi ne kestävät normaalia suurempaa suolapitoisuutta. (Tammisola 2009, 28–29.)

Happamia maita ja metalleja kestävien lajikkeiden kehittäminen on tarpeellista, koska maailman viljelyaloista arvellaan noin 24 miljoonaa hehtaaria olevan sulfaattimaita, joilla viljely on vaikeaa ilman runsasta kalkitusta. Kasvit kasvavat huonosti sulfaattimaissa tai eivät kasva ollenkaan. (Maaseutuverkosto 2009.)

4.2 Laatuominaisuudet

Tulevaisuudessa pyritään kehittämään kasveille tärkeitä laatuominaisuuksia, kuten proteiinien, vitamiinien, kivennäisaineiden määriä kasveissa, sekä poistamaan kasveista myrkyllisiä ainesosia. Lisäksi kasvien ravintoaineiden koostumusta voitaisiin parantaa, kuten öljyn laatua öljykasveilla, että ne tuottaisivat terveellisempiä rasvahappoja tai perunan tärkkelys- ja vesipitoisuuden muutoksella voitaisiin tuottaa terveellisempää perunaa. (Salo ym.1998, 30–31.)

Muuntogeenisistä kasveista voisi olla helpotusta allergioista kärsivien ruokavalioihin, esimerkiksi mansikasta voitaisiin poistaa allergiaa aiheuttava geeni. Geeniteknikan avulla tämä voitaisiin tehdä poistamatta silti mansikan perimästä mitään muuta tärkeää ominaisuutta. Geenimuuntelulla allergeenien poistaminen olisi huomattavasti helpompaa kuin jalostamalla mansikkaa perinteisillä menetelmillä. (Tammisola 2005, 1-3.)

Kasvien ja vihannesten säilyvyyden kestävyyttä yritetään myös kehittää. Tuoreiden tuotteiden kuljetusmahdollisuudet paranevat, kun lajikkeet ovat paremmin säilyviä. (Salo ym. 1997, 27.) Kasveja voidaan käyttää myös erilaisten aineiden, kuten hiivojen ja hyödyllisten bakteereiden tuottamiseen (Niklander-Teeri 2004, 2). Kasvien sulavuutta parantavien entsyymien tuottaminen kasvien avulla auttaisi kasvin ravinteiden hyväksikäyttöä, ja ravinnepäästöt voisivat vähentyä sen avulla (Geeniteknikan ja muiden biotekniikan uusien menetelmien käyttö maatalous- ja elintarviketuotannossa 2000, 51–52).

Kasvigeeniteknikan käyttöönoton myötä lihavalkuaisen käytön määrää maailmassa voitaisiin vähentää. Kasvien aminohappokoostumuksen parantaminen ja kasvien proteiinin määrien saaminen yhtä hyväksi kuin maidolla ja lihalla ovat tulevaisuuden haasteita. (Happonen ym. 2006, 177.)

4.3 Kasvien yhteyttämis- ja vedenottokyky

Kasvien yhteyttämiskykyä voidaan koettaa parantaa. Se olisikin yksi hyödyllisimpiä ominaisuuksia kasveissa, koska kasvien yhteyttäminen on elämän edellytys maapallolla. Yhteyttämisen ongelma kasveissa on yleensä se, että kasvien yhteyttämiskyky on melko tehotonta. (Aldridge 1999, 220–222.)

Typensitojabakteerien kehittäminen myös muille lajeille kuin apilalle ja herneelle, olisi yksi tulevaisuuden haasteista. Typensidonnan parantuessa kemiallisten lannoitteiden käyttömäärät voisivat vähentyä. (Niklander-Teeri 2004, 3.)

Suomalaiset tutkijat Helsingin yliopistosta ja yhdysvaltalaiset tutkijat ovat yhdessä tutkineet geenitekniikan avulla kasvien lehtien ilmarakojen toimintaa. Ilmarakojen toiminnan säätelyllä voidaan vaikuttaa kasvien yhteyttämiskykyyn. Kasvien ilmarakojen toiminnan säätely olisi hyvä hallita, jos maapallon otsonipitoisuus nousee. Ilmakehän otsonin lisääntyessä kasvit käytännössä lopettavat yhteyttämisensä, koska ne sulkevat ilmarakonsa. (Gene That Controls Ozone, 2008.)

Kasvien typen- ja fosforinsidontakykyä kasveissa yritetään lisätä. Maailmalla on jo kenttäkoevaiheessa typenkäytöltään tehokkaampia rapsi- ja maissilajikkeita. Lisäksi myös ohran, vehnän ja riisin typenkäyttökykyä on pyritty kehittämään geenimuuntelulla. Kenttäkokeissa muuntogeeninen maissi on tuottanut saman sadon puolta vähemmällä N-lannoituksella. Rapsilla on onnistuttu vähentämään N-lannoitus kolmasosaan. Geenimuuntelulla pyritään myös kehittämään kasvien fosforin ottokykyä, niin että kasvit pystyisivät tehokkaammin ottamaan ravinteet maasta. Lannoitteista jää nykypäivänä paljon ravinteita käyttökelvottomaan muotoon, joita kasvit eivät saa otettua. (Tammisola 2009, 51.)

4.4 Ympäristöhaittojen ehkäisy

Muuntogeeniset kasvit voisivat tulevaisuudessa olla apuna maatalouden ympäristöhaittojen ehkäisyssä. Geenitekniikalla voitaisiin kehittää kasveja, jotka suodattavat torjunta-aineita, lannoitejäämiä ja raskasmetalleja, kuten elohopeaa ja kadmiumia maaperästä. (Kettunen 2005 ym. 23.)

Geenitekniikka on tähän mennessä edistänyt mm. prosessiteollisuutta. Esimerkiksi paperin valkaisussa tarvittiin aiemmin suuret määrät klooria, joka on ympäristölle vaarallinen kemikaali. Geenitekniikan ansiosta valkaisu voidaan tehdä nykyään entsyymien avulla, jotka eivät saastuttaisi niin paljon ympäristöä kuin kloori. (Riihonen & Kettunen 1997, 18–19.)

4.5 Geenitekniikka apuvälineenä

Muuntogeenisiä kasveja voidaan käyttää tulevaisuudessa myös lääketieteellisiin tarkoituksiin rokotetehtaina. Rokotteet voisivat pelastaa miljoonia ihmisiä vakavilta sairauksilta erityisesti kehitysmaissa. Tauteihin kuten polio, hepatiitti tai rotavirus kuolee paljon ihmisiä maailmassa pelkästään siksi, ettei heitä ole rokotettu. (Thomson 2006, 125.) Kasvien avulla voidaan tuottaa lääkkeitä kuten insuliinia sokeriaineenvaihdunnan sairauksien hoitoon. Kasvipерäinen insuliini on jo valmisteilla, jossa saflor-kasvin öljyn avulla tuotettaisiin insuliinia. (Tammisola 2009, 26.)

5 GEENITEKNIIKAN UHAT JA HEIKKOUDET

Geenitekniikan käytön yleistymisen myötä on havahduttu huomioimaan enemmän myös ympäristövaikutuksia, joita geenitekniikka voi tuoda tullessaan. Nykyään muuntogeenisiä kasveja viljellään jo varsin yleisesti useissa maissa. Varmoja vaikutuksia muuntogeenisen viljelyn vaikutuksista ympäristöön ei silti ole pystytty todistamaan. (Lohtander-Buckbee ym. 2004, 13.)

Taulukko muuntogeenisten kasvien mahdollisista riskeistä on koottu useista eri lähteistä: Riihonen & Kettunen 1997; Salo ym. 1998; Aldridge 1999; Druker 2000; Nowack ym. 2003; Lohtander-Buckbee ym. 2004; Kettunen ym. 2005; Kuusipalo 2007a, 2007b ja 2010; Walker 2007.

Taulukko 4. Yhteenveto muuntogeenisten kasvien riskeistä.

Muuntogeenisten kasvien riskit	
Ominaisuus	Merkitys
Leviäminen ympäristöön	Geenien karkaaminen luontoon
	Villiintyminen luontoon
	Rikkakasviksi muuntautuminen
	Resistenssin kehittyminen tauteihin ja tuholaisiin
Vaikutus maaperän eliöihin, hyönteisiin koko ekosysteemiin	Maaperän pieneliöstön heikentyminen
	Kasvien luontaiset tuhohyönteiset tuhoutuvat
	Luonnon monimuotoisuuden häviäminen
Terveysuhat	Mahdolliset myrkylliset yhdisteet
	Allergeenejä siirtyminen kasveihin
	Antibioottiresistenssit bakteerit
Yllättävät sivuvaikutukset	Muuntogeenisten kasvien elinvoima voi heiketä tai vahvistua uhkaavasti
	Herbisidiresistenssit kasvit saattavat levittää resistenssikyvyn myös rikkakasveihin
Muiden tuotantotapojen menetys	Ei saatavilla puhdasta kylvösiementä, esimerkiksi luomutuotannon menetys

5.1 Ympäristöriskit

Geenit voivat siirtyä siitepölyn mukana kasveista toisiin. Sen myötä luonnon alkuperäiset kasvit ja geenimuunnellut kasvit voivat risteytyä keskenään. Risteytykset eivät yleensä selviydy luonnon oloissa, mutta on mahdollista, että näin voi käydä. Siirtogeeni voi asettua luontoon pysyvästi, eli ympäristövaikutukset saattavat olla pysyviä. (Kettunen ym. 2005, 28.)

Muuntogeeniset kasvit voivat aiheuttaa alkuperäislajien katoamista ja uhata luonnon monimuotoisuutta. Geenimuunnelluista kasveista tulisi pystyä selvittämään niiden leviämiskyky ja minkälaisen vaikutuksen niiden leviäminen aiheuttaisi ympäristölle. (Lohtander-Buckbee ym. 2004, 28.)

Ongelmarikkakasvien risteytyessä muuntogeenisten kasvien kanssa, ne voivat saada lisää elinvoimaa. Risteytyneet kasvit ovat luonnossa yleensä ongelmallisia rikkakasveja, jotka voivat saada lisää elinvoimaa siirtogeenistä. Pahimpana uhkakuvana geenien siirtymiselle Suomessa voisi nähdä rypsin ja hukkakauran. Rypsiä on ollut rikkakasvina jo aiemmin jalostusmenetelmistä riippumatta. Hukkakaura on toistaiseksi saatu pysymään kurissa mekaanisesti ja torjunta-aineilla. Mikäli geeninsiirrosta esimerkiksi hukkakaura saisi vahingossa satoa parantavan geenin, voisi se olla katastrofi viljelyksillä. (Salo ym. 1997, 76–81.)

Muuntogeenisten kasvien käytön seurauksena, on esimerkiksi hyönteiset voivat kehittää vastustuskyvyn *Bt*-kasvien myrkylle. Hyönteiset kykenevät kehittämään resistenssin tuholaisaineille jo muutamassa vuodessa. Monet tuhohyönteiset ovat jo tulleet resistenteiksi kemiallisille insektisideille, joiden vuoksi niiden määriä on jouduttu lisäämään. Esimerkiksi kaalikoi on jo tullut resistentiksi *Bt*-toksiinille. *Bt*-kasveja tulisi käyttää viljelmillä vain silloin, kun tuholaiset aiheuttavat pahoja tuhoja. (Salo ym. 1998, 91–93.)

Bt-kasveilla on eroja luonnollisiin *Bt*-ruiskutusaineisiin. *Bt*-ruiskutusaineissa on epäaktiivista protoksiina myrkkynä, kun *Bt*-kasveissa on aktiivista myrkyä koko kasvukauden ajan. *Bt*-kasvien myrkkyyntä ei esimerkiksi uv- valo pysty vaikuttamaan, koska myrky on suojassa kasvisolussa. *Bt*-ruiskutusaineiden protoksiinin vain har-

vat tuholaiset pystyvät muuttamaan aktiiviseksi myrkyksi, mutta *Bt*-kasveissa kaikki kasvia syövät eläimet ja hyönteiset saavat aktiivista myrkkyä. (Nowack ym. 2003, 8.)

Siirtogeenejä saattaa siirtyä myös horisontaalisesti geneettisen materiaalin avulla sellaisten elävien organismien kesken, jotka eivät ole toisilleen sukua. Horisontaalisesti leviävät eivät pysty lisääntymään keskenään suvullisesti. Näitä ovat esimerkiksi maaperäbakteerit, sienet ja virukset. (Lohtander-Buckbee ym. 2004, 84.)

Kuusipalon (2007a) mukaan muuntogeenisistä kasveista voi erittyä maaperään ainesta, jota maaperän bakteerit voivat hyödyntää. Kasvit voivat myös erittää juuristaan muuntogeenistä ainesta. Muita leviämisen keinoja ovat vesistöjen valumat ja huuhtoumat. Joiden mukana muuntogeenit voivat levitä kymmeniä kilometrejä. Kasvien siemenet ja muuntogeenit saattavat säilyä maaperässä viisi vuotta.

Britanniassa on tutkittu glyfosaatinkestävän rypsin ja maissin selviytymiskykyä verrattuna tavanomaisiin lajikkeisiin. Tutkijat Crawley, Brown, Hails, Rees ja Kohn, tutkivat kymmenen vuoden ajan vuosina 1990–2000 muuntogeenisten kasvien selviytymistä. Tutkimuksessa selvitettiin kasvien kasvu, kuolleisuus, kukkiminen ja siementen määrä. Myös maahan kynnettyjen kasvien siementen itämistä seurattiin. Tutkijat huomasivat, että geenimuunnellut kasvit selviytyivät jopa vähän huonommin kuin tavanomaisella tavalla viljeltyt kasvit. Tutkijat kuitenkin varottavat, että tutkimuksen tuloksista huolimatta geenimuunnellut kasvit voivat silti levitä ympäristöön ja lisätä kasvien muuntautumista rikkaruohoiksi. (Lohtander-Buckbee ym. 2004, 44.)

Geenimuunnellut kasvit voivat sisältää antibiooteille vastustuskykyisiä geenejä, mutta sitä, mitä vaaraa nämä ihmisille, eläimille ja ympäristölle aiheuttavat, ei vielä ole varmuutta. Tavanomaisessakin viljelyssä syntyy bakteereja, joilla on antibioottiresistenssi. Antibiootin vastuskyky on monille bakteereille luontaista ilman geeninsiirtojakin. (Aldridge 1999, 237.) Geenitekniikassa tulisi välttää käyttämästä geenejä, joilla voi olla tiedossa olevia vaikutuksia kuten antibiootteja, joita käytetään ihmisten tai eläinten hoitamisessa. (Tammisola 2003). Euroopan yhteisön alueella antibioot-

tiresistenssigeenin käyttö merkkigeeninä on kielletty vuodesta 2004 geenimuunnelluilla kasveilla. (Lohtander-Buckbee ym.2004, 19.)

5.2 Geneettinen monimuotoisuus

Geneettinen monimuotoisuus on ympäristön kannalta tärkeää. Jo nyt monia lajeja on hävinnyt tehomaaatalouden ja kasvinjalostuksen myötä. Jalostettaessa vain tärkeimpiä viljelykasveja geneettiset voimavarat hupenevat. Olisi tärkeää säilyttää osa geneettisestä monimuotoisuudesta myös tuleville sukupolville. (Riihonen & Kettunen 1997, 86.) Geenimuunneltujen kasvien jalostamisessa ja kehittämisessä ei tulisi käyttää vain muutamia samoista eliöistä monistettuja eliökantoja kovin suurilla alueilla, koska silloin on vaara, että näiden kasvien tauti- ja tuholaisongelmat lisääntyisivät hallitsemattomasti. (Riihonen & Kettunen 1997, 25–26.)

Geenimuunneltujen kasvien vaikutuksista maaperän eliösystemiin tutkijat ovat montaa mieltä. Tutkijat (Salo ym.1998) ovat sitä mieltä, että luultavammin kasvi-geenitekniikalla viljeltyt kasvit eivät vaikuta maaperään. He perustelevat väitettä sillä, että valkuaisaineet siirretyistä geeneistä hajoavat nopeasti luontoon. Geenimuunneltujen kasvien kasvijätteistä saattaisi kuitenkin periaatteessa siirtyä DNA:ta maaperäbakteereihin, minkä vuoksi olisi oltava erityisen varovainen uusien siirto-geenien levittämisestä ympäristöön. Käytettävien geenimateriaalien tulisi olla sellaisia, että ne eivät pystyisi käyttämään hyväkseen maaperäbakteereita. (Salo ym. 1997, 85–86.)

Kuusipalon tutkimuksen mukaan muuntogeeniset kasvit ovat riski eliökunnalle. Muuntogeenejä voi levitä ympäristöön maaperäbakteereihin ja hyönteisiin. Kuusipalon (2007a) mukaan tämä on riski, koska ympäristössä oleva DNA on bakteerien raaka-ainetta, jota ne käyttävät perimänsä kehittämiseen. Tällä keinolla bakteerit sopeutuvat paremmin ympäristöönsä ja kehittävät uusia aineenvaihduntareittejä. Tällä periaatteella ovat syntyneet esimerkiksi moniresistenssit sairaalabakteerit. Kuusipalon mukaan on myös tieteellisiä todisteita siitä, että muuntogeenisten eliöiden jälkeläiset ovat palautuneet isovanhempiensa kaltaisiksi. Ilmiötä ei ole pystytty selvittämään.

Maaperäeliöiden selviytymistä on tutkittu kokeella USA:ssa, jossa viljeltiin muuntogeenisiä kasveja. Koe kesti kaksi kasvukautta. Tutkimus antoi selkeän tuloksen siitä, että maaperän pieneliöstö muuttui ja maan pH arvo kohosi. Maaperän mikrobeista myös hävisi noin 15 % verrattuna tavanomaisella tavalla viljeltyyn vertailuun. (Lohtander-Buckbee 2004, 64.)

5.3 Terveysuhat

Muuntogeenisten kasvien käytöstä ravintona ei ole toistaiseksi tarpeeksi ihmisillä tutkittua ja luotettavaa tietoa niiden haitallisista vaikutuksista. Allergioiden ja allergisten reaktioiden riski myös kasvaa, jos siirretään vieraita geenejä, jotka tuottavat proteiineja. (Nowack ym. 2003, 9). Geenimuunneltu kasvi voisi siinä tapauksessa lisätä allergisia oireita, jos siihen siirrettäisiin DNA:ta sellaisesta kasvista, joka olisi valmiiksi hyvin allergisoiva kasvi. (Salo ym. 1997, 62–64.) Geenimuunneltu soija on jo kehittänyt oman allergiansa (Kuusipalo 2007a).

Geenimuunneltuja kasveja viljeltäessä tulisi tutkia huolellisesti kasvien mahdollinen myrkyllisyys (Riihonen & Kettunen 1997, 25). Tiedossa on tapaus, jossa epäillään, että geenitekniikalla tuotettu lisäaine on saattanut aiheuttaa kuolemantapauksia. Vuonna 1996 Yhdysvalloissa tryptofaani aminohapon epäpuhtaus aiheutti 37 henkilön kuoleman ja 1500 vammautumista. Tryptofaania käytettiin lisäravinteena, ja se oli tuotettu muuntogeenisesti. Yhdysvaltojen elintarvikeviraston tutkijoiden mukaan ei kuitenkaan ollut varmaa, että juuri muuntogeenisyys oli syy myrkytykseen. Heidän mielestään saastuminen oli tapahtunut bioteknisen prosessin aikana. He kuitenkin korostavat, että muuntogeenisyyttä ei voi kokonaan sulkea pois myrkytyksen aiheuttajana ja että myrkyllisyys oli odottamaton sivuvaikutus. (Druker 2000.)

Kuusipalon tutkimuksen mukaan myös herbisidejä kestävät kasvit ovat ihmisille ja eläimille terveysuhka. Hänen mukaansa erityisesti glyfosaatti on haitallista ja heikentää ihmisten hedelmällisyyttä. Glyfosaattia voi kertyä elimistöön, ja se vaikuttaa siellä estrogeenin tavoin. (Kuusipalo 2010.)

5.4 Muiden tuotantotapojen menetys ja omien siementen käyttö

Ihminen ja luonto levittävät muuntogeenistä siementä. Muuntogeeninen siemen voi levitä tuulella, tulvissa, kylvösiementen mukana sekä maatalouskoneiden ja eläinten välityksellä. Lisäksi maaperän omassa siemenpankissa voivat muuntogeenisten kasvien siemenet säilyä vuosia itämiskykyisinä. Siementen käsittelylaitokset ja kuljetukset voivat myös lisätä leviämistä. Geenimuunneltujen lajikkeiden on jo ilmoitettu levinneen luvattomasti useissa eri maissa, joissa geenimuuntelu on arkipäivää. Näin on käynyt esimerkiksi Iso-Britanniassa, Ranskassa, Saksassa, Kanadassa, Australiassa, USA:ssa, Brasiliassa, Japanissa ja Uudessa-Seelannissa. Kanadassa puhdasta kylvösiementä ei saa enää lajikkeina, joita viljellään geenimuunneltuina. (Kuusipalo 2007b). Ilman puhdasta siementä mm. luonnonmukainen tuotanto on mahdotonta nykyisten tuotantoehtojen mukaan.

Monilla viljelijöillä on ollut tapana säilyttää sadosta osa seuraavan vuoden kylvösiemeneksi. Muuntogeeniset siemenet ovat usein geenimuokattu niin, että niistä ei saa kylvösiementä, vaan ne ovat steriilejä. Viljelijät joutuisivat näin ostamaan kylvösiemenen joka vuosi uudestaan, kun ei enää ole omaa siementä. Lisäksi kansalliset yhtiöt perivät patenttimaksuja, jos heidän myymistään muuntogeenisestä siemenestä tuotettuja siemeniä käytettäisiin siemenviljana. (Walker 2007, 193.)

6 RISKIEN HALLINNAN MENETELMÄT

Muuntogeenisten kasvien riskejä arvioitaessa tulisi ottaa huomioon muuntogeenisten kasvien kyky säilyä hengissä ja arvioida niiden ja ympäristön välisiä vuorovaikutussuhteita (Riihonen & Kettunen 1997, 83). Riskienhallintaan kuuluu arvioida muuntogeenisten kasvien leviämiskyky ympäristöön, lisääntymistapa ja elinkyky viljelysten ulkopuolella. Arvioida pitää myös risteytymismahdollisuus, esimerkiksi rikkakasvien tai sukulaislajien kanssa, ja ottaa huomioon jäätikasviriskit. Lisäksi pitää arvioida, ovatko muuntogeeniset myrkyllisiä ympäristölle, ihmisille tai muille eliöille. (Lohtander-Buckbee ym. 2004, 27.)

6.1 Leviäminen

Geenimuunneltujen kasvien viljelyssä riskinhallinnassa tulisi ottaa huomioon, että geenitekniikalla viljeltävien kasvien kasvatusalue olisi riittävän eristyksissä tavanomaisilta viljelyalueilta. Suojavyöhykkeet olisi oltava erityisesti hyönteispölytteisten peltujen ympärillä. Kasvien kukinnan eriaikaisuus tavanomaisten lajien kanssa ehkäisisi myös siitepölyn leviämistä. Geenimuunneltujen kasvien mahdolliset ympäristöriskit riippuvat siirretystä ominaisuudesta ja kasvilajista, johon geeninsiirto on tehty. (Lohtander-Buckbee ym. 2004. 13.)

Muuntogeenisiä kasveja viljeltäessä tulisi huolehtia rikkakasvien torjunnasta ja maanmuokkauksesta, jotta jäätikasvit tuhoutuisivat. Lisäksi viljelykierrosta tulee huolehtia. Siemenpankkiin joutuneet viljojen siemenet voivat teoriassa säilyä maan sisällä siemenpankissa, mutta tämä vaatii poikkeuksellisen kuivan syksyn. Kuivan syksyn jälkeen kyntäminen olisi jätettävä kevääseen, jotta siemenet eivät tulisi kynetyksi kuivaan maahan. Suomalaisessa muuntogeenisen ohran kenttäkokeessa ei jäätikasveja jäänyt, eivätkä tahallisesti levitetyt siemenetkään selviytyneet talven yli. Koneiden välityksellä saattaa jyviä levitä pellolta toisille. Koneet olisi pidettävä puhtaina varsinkin, jos koneysteistöä harjoitetaan toisen tilan kanssa, jolla on erilaiset tuotantomenetelmät. Varastoinnissa ja kuljetuksessa muuntogeeniset siemenet on pidettävä erillään. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja

luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005a.)

Muuntogeenisillä kasveilla voi olla myös välillisiä vaikutuksia ympäristöön, Yksi esimerkki välillisistä vaikutuksista ympäristöön on, että käytettäessä herbisidikestäviä kasveja, tulisi viljelijän ottaa se huomioon torjunta-aineiden käyttömääriä vähentämällä, että ympäristöä ei rasi­tet­taisi liikaa. (Riihonen & Kettunen 1997, 84–85.)

Toinen esimerkki välillisistä vaikutuksista ovat *Bt*- kasvit, joilla tulisi ottaa huomioon niiden mahdollinen vaikutus hyönteisiin. Hyönteiset saattavat muuttua resistentiksi *Bt*-kasvien myrkylle. Hyönteisten resistenssikykyä voidaan vähentää seuraavin keinoin: *Bt*-kasvien viljelyalueet tulisi merkitä huolellisesti, että niiden tehoa voidaan seurata.

- Tavanomaisia samaa lajia olevia kasveja tulisi olla lähellä viljeltynä 20–30% viljellystä pinta-alasta. Tämä perustuu siihen, että *Bt*-kasveja syövät hyönteiset, jotka ovat jo saaneet resistenssin *Bt*-toksiinia vastaan, risteytyvät ei-resistenssien hyönteisten kanssa. Risteytyksenä syntyneisiin jälkeläisiin *Bt*-kasvit taas tehoavat.
- Resistenssin kehittymistä voidaan estää käyttämällä tavanomaisia hyönteis­myr­k­kyjä yhtä aikaa *Bt*-kasvien kanssa.
- Kasvustoa olisi seurattava tarkasti, että torjunnan teho voidaan todeta ja resistenssikyvyn muuttuminen tulee ajoissa huomattua ja välitettyä viljelijöiden ja siementuottajien tietoon. (Salo ym. 1998, 91–93.)

6.2 Suomen merkittävimmät viljelykasvit ja niiden riskien hallinta

Taulukkoon 5 on kerätty yleisimpien suomalaisten viljelykasvien sukulaislajit, jotka voisivat aiheuttaa mahdollista leviämistä ympäristöön.

Taulukko 5. Viljelykasvien sukulaislajit Suomessa (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa 2005a, 39-59.)

VILJELYKASVIEN SUKULAISLAJIT SUOMESSA	
Ohra	Hiirenohra, partaohra
Kaura	Hukkakaura
Vehnä	-
Ruis	-
Rapsi	Peltokaali, lanttu, sinappi
Rypsi	Peltokaali, lanttu, sinappi
Sokerijuurikas	Villijuurikas, rehujuurikas, punajuuri
Peruna	Mustakoiso, punakoiso
Nurmet	<i>Fabaceae</i> ja <i>Poaceae</i> heimon kasvit

Ohran sukulaislajeja hiirenohraa ja partaohraa ei toistaiseksi ole saatu risteytymään ohran kanssa. Kaura voi periaatteessa risteytyä hukkakauran kanssa, mutta se ei onnistu helposti. Lainsäädännöllä on määrätty hukkakauran poistaminen viljelyksiltä, mikä osittain estää hukkakauran leviämistä. Vehnä ei risteidy suomalaisten heinien kanssa. Rukiilla ei ole Suomessa risteytyviä heinälajeja, eikä rukiista ole kehitetty vielä yhtään muuntogeenistä lajiketta maailmalla. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa 2005a, 39–45.)

Sokerijuurikas voi risteytyä rehu-, villi-, tai punajuurikkaan kanssa, joten niiden viljely voi aiheuttaa leviämisvaaran luontoon. Rypsillä ja rapsilla on luonnossa suurin risteytysvaara. Rikkakasveista esimerkiksi peltokaalilla on samanlainen kromosomisto kuin rapsilla ja rypsillä, joten se saattaa aiheuttaa leviämisriskin. Muita mahdollisia rapsin ja rypsin sukulaislajeja ovat peltoretikka, sinappi ja lanttu. Perunan sukulaislajeja ovat mustakoiso ja punakoiso, joita ei ole yrityksistä huolimatta saatu risteytymään tavallisen perunan kanssa. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa 2005a, 46–53.)

Nurmikasveilla kasvaa luonnossa paljon sukulaislajeja, joiden kanssa muuntogeeniset nurmikasvit voivat pystyä risteytymään. Muuntogeenisiä nurmikasveja ke-

hittäessä tulisi ottaa huomioon, että siirretty geeni ei paranna nurmikasvien elinvoimaa, jonka avulla ne voisivat risteytyä luonnossa villinä olevien heinien kanssa. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005a, 59–60.)

6.3 Työryhmän suositukset suojaetäisyyksistä

Eduskunnassa on parhaillaan käsittelyssä lakiesitys muuntogeenisten, tavanomaisten ja luonnonmukaisen tuotannon rinnakkaiselosta. Lain tarkoitus olisi luoda viljelysäännöt muuntogeenisille kasveille Suomessa. Suojaetäisyyksistä lakiehdotukseen ei ole merkitty kuin perunan suojaetäisyys. Muuten etäisyydet ovat kasvilajin ja kasvin ominaisuuksiin liittyviä etäisyyksiä. (Lakiesitys 246 2009.)

Vuonna 2005 Maa- ja metsätalousministeriön työryhmältä on valmistunut Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa-loppuraportti, jossa on toimenpidesuositukset suojaetäisyyksille (taulukko 6). Raportissa on muitakin lajikohtaisia toimenpidesuosituksia muuntogeenisten kasvien viljelyyn. Raportit on tehty Maa- ja metsätalousministeriön määräyksestä, että ne antaisivat perusteita ja tietoa lakiehdotukselle rinnakkaiselolaista.

Taulukko 6. Suositukset suojaetäisyyksistä (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005b, 13–34.)

Työryhmämuistion suositukset suojaetäisyyksistä	
Ohra	0.5m
Kaura	0.5m
Vehnä	0.5m
Ruis	300m, hybridilajikkeet 500m, Luomutuotanto 600m
Rypsi, Rapsi	200m, hybridilajikkeet 300m, Luomutuotanto 400m
Sokerijuurikas	-
Peruna	10m, (Lakiesityksessä 18m), Luomutuotannossa 30m
Nurmikasvit	200m

6.4 Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten viljelykasvien ja luonnonmukaisen rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa

Muuntogeenisen ohran, kauran ja vehnän jälkeen saisi viljellä tavanomaisella tavalla samaa lajiketta kahden vuoden ja luomutuotannossa kolmen vuoden kuluttua. Samalla alueella voi viljellä eri tuotantotavoilla, kun huolehditaan vähintään puolen metrin suojavyöhykkeestä. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005b, 16.)

Ruis on ristisiittoinen, jonka pölytys tapahtuu tuulen avulla. Pölytys voi aiheuttaa siitepölyn kulkeutumista pitkiäkin matkoja. Pölytyksen estämiseksi rukiin viljelyssä suositellaan peltolohkoja, jotka sijaitsevat metsäkaistojen välissä. Rukiilla suojaetäisyydet ovat huomattavasti pidemmät kuin esimerkiksi ohralla ja kauralla. Rukiin jälkeen saisi viljellä tavanomaisella tavalla samaa lajiketta kahden vuoden ja luomutuotannossa kolmen vuoden kuluttua. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005b, 17–18.)

Rypsin ja rapsin kohdalla siementen varisevuus on herkempää. Tavallisestikin rypsin ja rapsin jälkeen pellosta niitä löytyy rikkakasveina. Rikkakasvien torjuminen kemiallisesti ajoissa antaa yleensä hyvän tuloksen. Rypsi voi levitä siitepölyn avulla huomattavasti helpommin ja kauemmaksi kuin muut viljelykasvimme. Rypsin siemenpankki voi säilyä maassa pitkiä aikoja, jopa 10–12 vuotta. Rypsi ja rapsi vaativat pitkät suojaetäisyydet ja viljelykiertoajat. Muuntogeenisen rypsin ja rapsin viljelyssä tulisi noudattaa 12 vuoden ja luomutuotannossa 15 vuoden väliä. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005b, 22–24.)

Muuntogeenisen sokerijuurikkaan leviämisen estämiseksi on kitkettävä kukkivat juurikkaat ja villijuurikkaat. Koneet on puhdistettava huolella. Sokerijuurikas vaatii tehokkaan maanmuokkauksen, jotta jääntikasvit häviävät. Sokerijuurikkaalla on myös järjestettävä kasvinvuorottelua; joka toinen vuosi muu kasvi kuin sokerijuurikas. Kasvinvuorottelu on tehokkain tapa puhdistaa viljelyalat villijuurikkaista.

(Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005b, 26.)

Muuntogeeninen peruna on kuten perinteinenkin peruna suvuttomasti mukuloista lisääntyvä. Siitepölyn leviäminen perunalla ei ole merkittävää. Siitepöly leviää perunalla ulkomaalaisten tutkimusten mukaan alle 20m. Muuntogeenisen perunan jäätikasviriskiä on tutkittu ja todettu, että paras keino välttää jäätikasviriski oli siirtää kyntö keväälle tai muokata pelto niin, että jäätikasvit jäävät pintaan. Muuntogeenisellä perunalla on järjestettävä kasvinvuorottelua, eikä sitä saisi viljellä kuin kaksi vuotta peräkkäin samalla alalla. Muuntogeenisen perunan jälkeen saa viljellä samalla alalla tavanomaisella tavalla tuotettua perunaa vuoden kuluttua ja silloin on käytettävä serfikoitua siementä. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa MMM 2005b, 29–30.)

Nurmenviljelyssä muuntogeenisten kasvien jälkeen tulee huolehtia viljelykierrosta. Muuntogeenisessä nurmenviljelyssä kasvusto olisi niitettävä ennen kukintaa ja huolehdittava kasvinvuorottelusta. Nurmilla täytyy olla kolmen vuoden väli viljelyssä. (Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa 2005b, 34.)

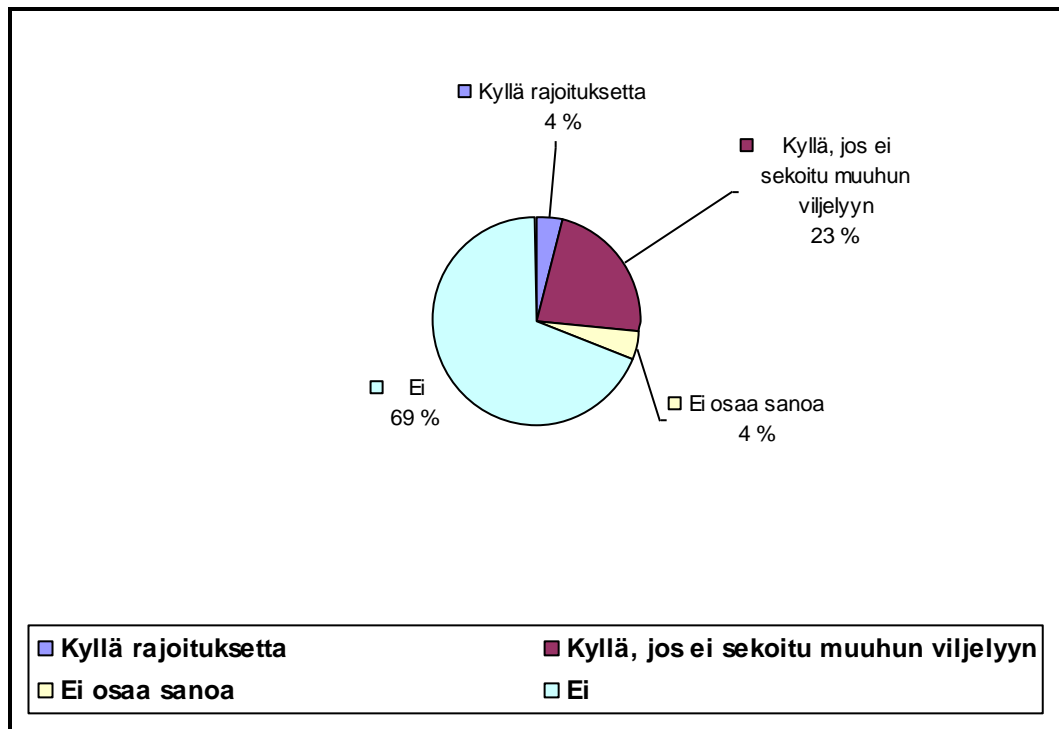
7 ASENTEET JA TIEDOT MUUNTOGEENISISTÄ KASVEISTA

Asenteet muuntogeenisistä kasveista ja niiden käytöstä ravintona jakautuvat kannattajiin ja vastustajiin. Kannattajat pitävät muuntogeenisten kasvien tuomia etuja suurina ja riskejä pieninä. Kannattajien mielestä geenitekniikka on turvallista, koska sitä valvotaan tiukasti, ja heidän mielestään ei ole havaittu viitteitä sen vaarallisuudesta. Vastustajat taas pelkäävät muuntogeenisten tuotteiden vaaraa terveydelle ja ympäristölle. (Happonen ym. 2006, 130.)

Vastustajilla ja kannattajilla on erilaiset lähtökohdat. Vastustajat näkevät, että geenitekniikka kasvinjalostuksessa on täysin uutta teknologiaa ja kannattajien mielestä geenitekniikka on vain jalostuksen uusi keino. Vastustajien suhtautumisessa korostuu riskien ohella ajatus luonnottomuudesta. Kannattajien suhtautumisessa näkyy, että he arkipäiväistävät riskit ja vertailevat niitä esimerkiksi liikenteen tai elämäntapojen riskeihin. Vastustajat taas näkevät, että geenitekniikka kasvinjalostuksessa on erittäin riskialtis teknologia, joka voi olla yhtä suuri riski kuin ydinteknologia. Geenitekniikan vastustajien ja kannattajien välille tarvittaisiin enemmän vuorovaikutusta, jotta saadaan aikaan rakentavaa keskustelua geenitekniikan ympärille. (Geenitekniikkaa elintarviketuotannossa kannatetaan ja vastustetaan eri perustein 2000.)

7.1 Viljelijöiden asenne

Maaseudun Tulevaisuus lehdessä julkaistiin 28.10.2009 tutkimus, jonka oli suorittanut Gallup Elintarviketieto. Tutkimuksessa kysyttiin, hyväksytkö geenimuuntelun kasvinviljelyssä. Tutkimuksessa oli haastateltu noin 550 viljelijää. Tutkimuksessa näkyi kielteinen suhtautuminen geenimuunneltujen kasvien viljelyyn (kuva 5). Vain yksi kolmasosa hyväksyisi geenimuunneltujen kasvien viljelyn, mutta heistäkin suurin osa kannatti geenimuunneltua viljelyä vain, jos geenimuunnellut kasvit eivät leviäisi muuhun viljelyyn. (Vuorela 2009.)



Kuva 5. Viljelijöiden kanta muuntogeenisten kasvien viljelyyn. (Maaseudun Tulevaisuus, Gallup elintarviketieto 2009.)

Tutkimuksesta käy ilmi, että sikatilalliset vastustivat vähemmän geenimuuntelua kuin maitotilalliset. Tutkimuksessa oli tutkittu myös kuluttajakäyttäytymistä geenimuunneltujen ruokien suhteen. Yli puolet tutkimukseen osallistujista haluaa geenimuuntelulta vapaata ruokaa ja lopuistakin puolet valitsee enemmän tavanomaisella tavalla tuotetun kuin geenimuunneltujen kasvien aineosia sisältävän tuotteen.

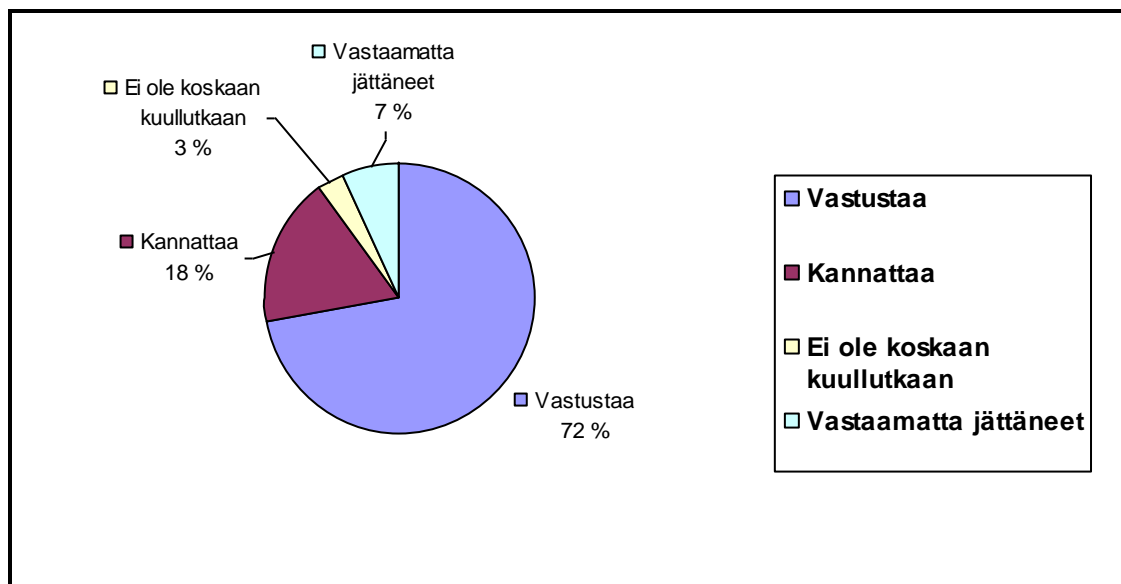
7.2 Kuluttajien asenteet

Kuluttajien asenteet ovat geenimuuntelua vastaan tai puolesta, mutta vain harvojen kanta perustuu todelliseen tietoon geenimuuntelusta. Maaseudun Tulevaisuus lehdessä verkkojulkaisussa on julkaistu artikkeli espanjalaisen Hernandezin tutkimuksesta. Artikkelista käy ilmi, että vain harvat kuluttajat tietävät hyvin, mitä geenimuunnellulla elintarvikkeella tarkoitetaan. Yleisesti kuluttajien tiedot olivat heikkoja tai kohtalaisia. (Kuluttajien gm-asenteet eivät pohjaudu tietoon 2009.) Tiedon vaikutus asen-

teisiin ei aina ole silti suoraan verrannollinen gallup tuloksiin, koska myös geenitekniikasta löytyy hyvät tiedot omaavia tutkijoita, jotka ovat geenitekniikan vastustajia (Riihonen & Kettunen 1997, 70).

EU:n ympäristöbarometrin 2008 mukaan 72 % suomalaisista vastustaa geenimuunneltujen kasvilajien käyttöä maanviljelyssä (kuva 6). Geenimuuntelun kannattajia suomalaisissa oli 18 %. Vain 3 % suomalaisista kyselyyn vastanneista ei ollut koskaan kuullutkaan geenimuuntelusta ja 7 % jätti vastaamatta kysymyksiin.

Suomalaisten tiedot geenimuuntelusta ovat kuitenkin verrattain hyvät. Espanjassa geenitekniikan vastustajia on vain 31 %, mutta samalla 22 % kyselyyn vastanneista ei ollut koskaan kuullutkaan geenimuuntelusta. Espanjan viljelyala muuntogeenisillä kasvilajikkeilla on kuitenkin EU:n suurin. Saman ympäristöbarometrin mukaan informaatiota geenimuuntelusta on kyselyyn vastanneiden mielestä saatavilla huonosti. Tiedot on kerätty vuonna 2008. (Attitudes of european citizens towards the enviroment 2008.)



Kuva 6. Suomalaisten asenteet geenimuuntelua kohtaan. (Attitudes of european citizens towards the enviroment 2008.)

7.3 Luomuviljelijöiden asenteet ja tietämys geenimuuntelusta

Vuonna 2003 on tehty tutkimus opinnäytetyönä (Pekkala 2003) luomuviljelijöille, jossa kyseltiin luomuviljelijöiden kantaa ja tietämystä geenitekniikasta. Tutkimuksen mukaan luomuviljelijöiden kanta on, että geenimuuntelu on vaaraksi luomutuotannolle ekologisten uhkien ja luonnon monimuotoisuuden häviämisen vuoksi. Tutkimukseen osallistuneista yli 70 % piti geenimuuntelua vaarallisena tai siihen suhtauduttiin kriittisesti. (Pekkala 2003, 69.) Kysely oli verrattain pieni, mutta se oli suunnattu vain luomuviljelijöille. Luomuviljelijöitä oli vuonna 2002 5076kpl, ja kyselyyn vastanneita oli 56kpl. Kyselyn otantasuhde oli 1.1 %, joka oli luotettava. (Pekkala 2003, 83.)

Tutkimuksen mukaan luomuviljelijät kaipaavat enemmän tietoa geenitekniikasta, erityisesti siementuotantoon ja saastumistilanteisiin liittyen. Suurimmalla osalla tutkimukseen osallistuneista viljelijöistä tiedot muuntogeenisestä kasvinviljelystä olivat pääsääntöisesti heikkoja. Vain 2 %:lla kyselyyn osallistujista oli hyvä tietämys Suomessa tehtävistä kenttäkokeista. Osa kyselyyn osallistujista ei edes tiennyt, että Suomessakin järjestetään kenttäkokeita myös ulkotiloissa. Tietämyksensä geenitekniikasta ja geenimuuntelusta vastaajat olivat saaneet pääsääntöisesti Maaseudun Tulevaisuus lehdestä ja Luomuliiton jäsenlehdestä. (Pekkala 2003, 66–69.)

7.4 Poliitikkojen asenteita

Eduskunnan valtiopäivillä 19.11.2009, kun lakiesitys geenimuuntelun rinnakkaiselolaista tuli käsittelyyn, kansanedustajilta tuli runsaasti kannanottoja geenimuuntelusta. Yleinen mielipide oli geenimuuntelun vastainen ja asiasta käytiin kiivasta keskustelua 30 kansanedustajan kesken. Kansanedustajien kanta oli pääsääntöisesti, että Suomi tulisi säilyttää geenimuuntelusta vapaana alueena. Suurin osa kansanedustajista oli huolissaan geenimuuntelulla tuotetun elintarvikkeen tai rehun turvallisuudesta ja terveysvaikutuksista. Myös lakiesityksessä ehdotettuja suojavyöhykkeitä perunalle pidettiin riittämättöminä. Monen kansanedustajan mielestä muuntogeeninen kasvinviljely on vielä kokeellista ja siksi riski muuntogeenisten kasvien

käyttöönottoon ja niiden viljelyyn on vielä liian suuri. (Täysistunnon pöytäkirja 109/2009.)

Poliitikko Osmo Soininvaaran kanta geenimuunteluun on osittain myönteinen geenimuuntelulle, vaikka hänen artikkelinsa etsii syitä geenimuuntelun vastustamiselle. Soininvaaran mielestä lajikkeiden välisen geeninsiirron voisi sallia, mutta lajien välistä geeninsiirtoa ei. Soininvaaran mukaan geenimuuntelun vastustamisen voisi jakaa neljään eri kategoriaan: 1. Uskonnolliseen argumenttiin, joka vetoaa siihen, että Luojan luomaa ei saa muuttaa. 2. Terveysargumenttiin, jonka mukaan geenimuuntelu voi aiheuttaa terveysriskejä. 3. Ympäristöargumenttiin, joka perustuu siihen, että geenimuuntelu voi aiheuttaa ennalta arvaamattomia riskejä ympäristölle ja pelko siitä, että geenimuunnellut kasvit voivat karata luontoon. 4. Omistusargumenttiin, kaupalliset yhtiöt, jotka ovat luoneet muuntogeenisiä lajikkeita, omistavat geneettisen koodin, joka voi johtaa siihen, että viljelijät eivät saa käyttää omaa satoaan siemenviljanaan ilman korvausta. (Soininvaara 2009.)

Maa- ja metsätalousministeri Sirkka-Liisa Anttila on kirjoittanut Farmit uutisiin artikkelin, jonka mukaan geenimuunnellun tärkkelysperunan mahdollinen viljely Suomessa voi olla ajankohtaista jo muutaman vuoden sisällä. Anttilan mukaan tärkeää olisi, että kuluttajat saisivat riittävästi tietoa mahdollista muuntogeenistä ainesta sisältävistä ruuista ja tuotteista. Kenenkään ei tarvitsisi ostaa tai käyttää geenimuunneltuja tuotteita vahingossa. Tuotteiden alkuperä ja tieto siitä, miten ne on tuotettu, olisi oltava kansalaisten tiedossa. (Anttila 2009.)

Sirkka-Liisa Anttilan toivoo, että Suomi pysyisi geenimuuntelusta vapaana maana ja hallitus haluaisi muuntogeenisten kasvien viljelystä päätettävän jatkossakin kansallisesti. Suomi on kannattanut Alankomaiden ehdotusta maatalousneuvostossa EU:n komissiolle, että jokaisella EU-maalla olisi mahdollisuus päättää itse geenimuuntelusta vapaista alueista. Tällä hetkellä EU-maat eivät saa itse päättää viljelyvapaista alueista. (Anttila 2009.) Pääministeri Matti Vanhasen kanta geenimuunteluun vuonna 2009 oli Pro-Agria liiton lehden mukaan kielteinen. Hänen mukaansa geenimuuntelua ei tulisi sallia, koska ei ole vielä riittävästi tietoa geenimuuntelusta ja sen vaikutuksista. (Ajankohtaista 2009, 7.)

8 GEENITEKNIKKALAIT JA ASETUKSET

Tässä luvussa on esitetty pääkohdat Suomen geenitekniikan lainsäädännöstä ja sitä säätelevistä direktiiveistä ja laista. Lisäksi on esitelty muuntogeenistä kasvinviljelyä valvovia ja neuvovia viranomaisia. Luvun lopussa olen esittänyt tärkeimmät kohdat lakiesityksestä muuntogeenisen kasvintuotannon rinnakkaiselolain mahdollistamisesta, joka on parhaillaan eduskunnan käsittelyssä.

8.1 Geenitekniikkaa säätelevät ja valvovat lait

Geenimuuntelua kasvinviljelyssä, tutkimuksessa ja markkinoilla olevissa tuotteissa säädetään monilla Euroopan yhteisön säädöksillä. Euroopan unionissa geenitekniikkaa koskevaa lainsäädäntöä säädetään kahdella direktiivillä. Direktiivi 2009/41/ETY koskee geneettisesti muunnettujen mikro-organismien käyttöä suljetussa tilassa ja direktiivi 2001/18/EY koskee muuntogeenisten organismien tarkoituksellista levittämistä ympäristöön. Direktiivien tarkoituksena on, että geenitekniikka ei aiheuttaisi terveydellisiä haittoja ihmisille tai vahinkoja ympäristölle. (Geenitekniikan lautakunta 2009b.)

Suomen voimassa olevat geenitekniikkaa säätelevät lait ovat:

Geenitekniikkalaki (377/1995) ja asetus (928/2004), Uusin geenitekniikkalain uudistus astui voimaan 15.9.2004. (Geenitekniikan lautakunta 2009b.)

Sosiaali- ja terveysministeriön täydennykset geenitekniikkalakiin ja asetuksiin:

- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus muuntogeenisten organismien suljettuun käyttöön liittyvistä ilmoituksista ja hakemuksista sekä suljetun käytön kirjaamisesta ja pelastussuunnitelmasta (272/2006)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus muuntogeenisten organismien tarkoituksellisesta levittämisestä (110/2005)

- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus muuntogeenisten organismien tarkoitukselliseen levittämiseen liittyvästä eriytetystä menettelystä (90/2005)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus geenitekniikkalain mukaisesta tarkastusmenettelystä (198/2007)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus muuntogeenisten mikro-organismien suljetun käytön riskinarvioinnin periaatteista, suljetun käytön luokituksesta sekä eristämis- ja muista suojatoimenpiteistä (1053/2005). (Geenitekniikan lautakunta 2009b.)

Geenitekniikkalain tavoitteena on huolehtia, että geenitekniikkaa käytetään turvallisesti ja siihen osataan suhtautua ennalta varautuvasti ja eettisesti hyväksyttävällä tavalla. Lain tarkoitus on suojella ihmisiä, eläimiä ja ympäristöä, jos käytetään muuntogeenisiä eliöitä. Geenitekniikka tulee kehittymään nopeasti, joten myös lainsäädännön on oltava jatkuvasti ajan hermoilla. (Riihonen & Kettunen 1997, 74.)

Siemenkauppalaissa 728/2000 on määriteltä, kuinka geenimuunneltuja kasvilajikkeita voidaan hyväksyä lajikeluetteloön ja kuinka geenimuunneltua siementä voidaan markkinoida. Siemenkauppalaan mukaan Maa- ja metsätalousministeriöllä on oikeus säätää asetuksia geenimuunneltujen kasvinlajikkeiden markkinoille saattamiseen liittyviin toimenpiteisiin ja tutkimuksiin, joilla on vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen.

8.2 Päätävävalta ja muuntogeenisten kasvien valvonta

Koko EU:n ylin päätävävalta muuntogeenisten kasvien lajikkeiden hyväksymiseen on EU-komissiolla. EU myös seuraa ja valvoo muuntogeenisten kasvien käyttöä ja raportoi siitä eri jäsenmaille. Suomen kansallinen ylin viranomainen geenitekniikkalakiin kuuluvissa asioissa on geenitekniikan lautakunta, joka toimii sosiaali- ja terveysministeriön alaisuudessa ja käsittelee lupa-asiat. (Geenitekniikan lautakunta 2009b.)

Geenitekniikan lautakunnan tehtävät:

Geenitekniikan lautakunnan tulee huolehtia muuntogeenisten organismien käyttöä koskevasta valvonnasta direktiivien mukaisesti. Geenitekniikan lautakunta antaa ohjeita geenitekniikkalain soveltamisessa. Geenitekniikan lautakunta pitää myös rekisteriä ja valmistelee kansallisella ja kansainvälisellä tasolla geenitekniikalla muunneltujen organismien käyttöä koskevia asiakirjoja ja lausuntoja. Tarvittaessa lautakunta voi rajoittaa tai kieltää kokonaan geenimuunneltujen kasvien käytön. Lautakunta voi asettaa myös geenimuunnellun kasvinviljelyn keskeyttämisuhan tai antaa uhkasakkoja. (Geenitekniikanlautakunta 2009b.)

Ympäristövaikutuksia valvoo ympäristöministeri. Maa- ja metsätalousministeriö valvoo maa-, metsä- kala- ja riistatalouden osalta lain noudattamista. Suomen ympäristökeskus (SYKE) arvioi geenitekniikalla muunnettujen organismien käytöstä aiheutuvia ympäristöriskejä. SYKE edistää myös ympäristöriskien arviointia kehittävää tutkimusta. Lisäksi SYKE on yksi kolmesta geenitekniikkalain mukaisesta valvontaviranomaisesta, jonka tehtävänä on valvoa ympäristökysymyksissä muuntogeenisten organismien tarkoituksellista levittämistä ympäristöön. (Geenitekniikanlautakunta 2009c.)

Bioteekniikan neuvottelukunta pyrkii edistämään geenitekniikan asioiden kehittämistä, kansainvälistä yhteistyötä ja eettistä näkemystä. Lisäksi se toimii eri yhteistyöjärjestöjen, kuten toiminnanharjoittajien, viranomaisten ja tutkijoiden, yhteistyönä apuna. Bioteekniikan neuvottelukunta toimii sosiaali- ja terveysministeriön alaisena neuvonantajana ja se nimetään kolmeksi vuodeksi kerrallaan. (Bioteekniikan neuvottelukunta 2010.)

Geenitekniikan asiantuntijaviranomaisina geenitekniikkalain säätäminä toimivat seuraavat asiantuntijat ja laitokset:

- Elintarviketurvallisuusvirasto
- Terveiden ja hyvinvoinnin laitos

- Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus
- Maa- ja elintarviketaloudentutkimuskeskus
- Metsäntutkimuslaitos
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto
- Suomen ympäristökeskus
- Työterveyslaitos
- Valtion teknillinen tutkimuskeskus. (Geenitekniikkalaki 377/1995.)

8.3 Lakiesitys rinnakkaiselolaista

Rinnakkaiselolaki on ollut kehitteillä jo vuosia, mutta siitä on jätetty esitys eduskunnalle vasta 13.11.2009. Esitys rinnakkaiselolaista koskee muuntogeenistä kasvin tuotantoa sekä muuntogeenisen että tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiseloa. Lain tarkoitus on luoda säännöt muuntogeeniselle kasvintuotannolle Suomessa. Tämä laki ei koske kenttäkokeita, joita valvotaan geenitekniikkalailla. (Lakiesitys 246 2009.) Muuntogeenistä kasvintuotantoa koskevan lakiesityksen keskeisin sisältö on seuraava:

1. Lain tarkoituksena on estää muuntogeenisten viljelykasvien sekoittuminen ja leviäminen muihin viljelykasveihin.
2. Lakia sovelletaan muuntogeenisten kasvien viljelyssä, käsittelyssä, varastoinnissa, kuljetuksissa, valvonnassa ja sekaantumisesta johtuvien vahinkojen korvauksissa.
3. Suojaetäisyydet muuntogeenistä perunaa viljeltäessä on oltava perunalle 18m tavanomaisella tavalla toimivalle viljelmälle ja 30m luonnonmukaista tuotantoa har-

joittavalle viljelmälle. Viljelijän velvollisuus on itse huolehtia riittävästä suojaetäisyyksistä. Muiden kasvien suojaetäisyyksistä säädetään erikseen.

4. Muuntogeenisiä kasveja viljeltäessä tulee olla maanomistajan lupa toiminnalle.
5. Muuntogeenisiä kasveja viljelevän on suoritettava elintarviketurvallisuusviraston koulutus, joka on voimassa viisi vuotta.
6. Laki määrää toimenpiteistä muuntogeenisten kasvien viljelyn jälkeen. Jääntikasvit ja muu kasvien aineisto on hävitettävä niin, että sekoittumista ja leviämistä ei tapahdu. Lisäksi on huolehdittava viljelykierrosta.
7. Toiminnanharjoittaja on ilmoitusvelvollinen Eviralle tai maaseutuelinkeinoviranomaisille kasvukausittain toiminnan harjoittamisesta. Lisäksi toiminnasta on ilmoitettava hyvissä ajoin naapureille ja koneysteistöä tai muuta yhteistyötä harjoittaville tahoille.
8. Toiminnanharjoittajan on tehtävä suunnitelma leviämisen ja sekoittumisen estämiseksi. Suunnitelmassa on oltava selvitys muuntogeenisen lajikkeen viljelystä, sadon käsittelyvaiheista ja varastointivaiheista.
9. Muuntogeeniset tuotteet tulee olla kirjattuja ja jäljitettäviä. Tämän vuoksi on pidettävä tiedostoa kaikesta muuntogeenisen aineksen luovuttamisesta tai hankinnasta.
10. Lakia valvoo Evira, jota ohjaa maa- ja metsätalousministeriö. Evira voi käyttää apuna työvoima- ja elinkeinokeskuksia, maaseutuviranomaisia ja tarkastajia.
11. Eviran täytyy vuosittain laatia suunnitelma siitä, kuinka valvonta järjestetään. Sen täytyy myös määritellä tarkastuksen sisältö ja valvontatiheys. (Lakiesitys 246/2009.)

9 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli selvittää, mitä mahdollisuuksia ja uhkia geeniteknikalla käsiteltyjen kasvien tuotantoon liittyy. Olisiko tulevaisuudessa turvallista viljellä geenimuunneltuja kasveja ja minkälaisia ympäristövaikutuksia niistä voisi seurata? Ovatko geeniteknikan hyödyt suuremmat kuin mahdolliset riskit ja uhat, joita geenimuunnelluista kasveista voisi seurata ympäristölle ja eliöille? Lisäksi työssäni halusin ottaa selvää ihmisten asenteista ja selvittää, miksi niin monet vastustavat muuntogeenistä kasvintuotantoa.

9.1 Muuntogeenisen kasvintuotannon mahdollisuudet

Geeniteknikan kehittyminen on avannut kasvinjalostukselle täysin uudet keinot jalostaa kasveja. Geeniteknikan avulla kasvinjalostuksessa voidaan välttää valinta- ja risteytysjalostuksessa olevaa satunnaisuutta. Kasveja voidaan jalostaa menettämättä niiden hyviä ominaisuuksia. Geeniteknikka myös nopeuttaa kasvinjalostusta, koska aikaa vieviä takaisin risteytyksiä ei tarvita.

Geeniteknikan avulla kasveja voidaan kehittää kestävämmiksi lajikkeiksi niin, että ympäristöstä johtuvat rasitteet eivät vaikuttaisi niihin. Ensisijaisesti pyritään kehittämään kasvien kylmyyden, kuumuuden, kuivuuden ja suolaisen maan kestävyyttä. Ympäristöstä johtuvien kestävyysominaisuuksien kehittäminen auttaisi parhaiten satotason lisäyksessä.

Geeniteknikan avulla kasviperäistä ravintoa voitaisiin jalostaa laadultaan ja ravitsemukseltaan paremmiksi lajikkeiksi. Kasvilajikkeita voisi kehittää enemmän vitamiineja, kivennäisaineita ja proteiineja sisältäviksi, jolloin ne voisivat pelastaa miljoonia ihmisiä nälkäkuolemalta. Geenimuunnellut elintarvikkeet voisivat olla tulevaisuudessa korvaamaton apu ruoka-ainepulaan varsinkin kehitysmaissa, jos parempilaatuista ruokaa saadaan tuotettua enemmän pienemmillä aloilla.

Geenitekniikan avulla voidaan kasveista poistaa haitalliset geenit, kuten ravintona käytettävien siementen ja hedelmien myrkyllisyyttä. Geenitekniikan avulla voidaan kehittää kasvilajikkeita, joista on poistettu allergioita aiheuttavat ainesosat. Tämä on tärkeää, koska niin monet ihmiset kärsivät erilaisista ruoka-aineallergioista.

Geenitekniikan tavoite on tulevaisuudessa vähentää torjunta-aineita ja lannoitteita. Kasvien tuholais-, hyönteis- ja tautiresistenssin kehittäminen auttaa torjunta-aineiden käytön vähentämisessä. Kasvilajikkeiden ravinteiden ottokyvyn kehittäminen sekä yhteyttämiskyvyn parantaminen auttaisivat myös ympäristölle haitallisten kemiallisten lannoitteiden käytön vähentämisessä.

Kasveja voidaan myös kehittää ehkäisemään ympäristöongelmia, esimerkiksi kehittämällä muuntogeenisiä kasveja maanparannukseen ja maanpuhdistuksen apuvälineiksi. Kasvien avulla voitaisiin puhdistaa maaperää raskasmetalleista. Muuntogeenisten yksi käyttötarkoitus on olla lääketeollisuuden apuvälineenä, jolloin kasvien avulla voidaan tuottaa lääkkeitä ja rokotteita.

9.2 Muuntogeenisen kasvintuotannon uhat

Geenitekniikalla viljeltyt kasvilajikkeet eivät ole toistaiseksi tutkitusti levinneet ympäristöön yhtään enempää kuin vastaavat perinteiset lajikkeet. Ei ole todennäköistä, että geenimuunnellut kasvilajikkeet kykenisivät muuntautumaan rikkakasveiksi ja vielä pystyisivät menestymään rikkakasveina. Mikäli muuntogeeniset kasvit kuitenkin leviäisivät hallitsemattomasti, voivat vaikutukset aiheuttaa sen, että muut viljelytavat tullaan menettämään ennen pitkään.

Tuholaisten ja tautien kohdalla geenimuunnellut kasvilajikkeet eivät ole vastustuskykyisempiä kuin perinteisellä tavalla viljeltyt kasvilajikkeet. Taudeilla ja tuholaisilla on joka tapauksessa kyky muovautua ja muuttua paremmin vastustuskykyisiksi eri tuholaisaineita ja itse kasveja vastaan. Eri kasvilajikkeilla on myös luonnostaan oma kykynsä muuttua olosuhteita vastaaviksi. Monet geenitekniikkaa kannattavat tutkijat vakuuttavat muuntogeenisten kasvien turvallisuutta ympäristölle ja ihmisille, mutta samalla he kuitenkin varottavat, että muuntogeenisistä kasveista ja niiden

vaikutuksista ei vielä tiedetä riittävästi ja tutkimuksia tarvitaan lisää. *Bt*-kasvien resistenssin muodostuessa liian laajalle menettäisi luonnonmukainen tuotanto yhden merkittävistä kasvinsuojeluaineistaan.

Geenitekniikan vastustajien mielestä geenimuunneltujen kasvien käyttäminen viljelykasvina ja ravintona on vielä liian iso riski. Kasvien kehitykseen vaikuttaa myös ympäristö, ei pelkästään geenit. Ympäristötekijöillä on suuri merkitys kasvin yksilönkehitykseen. Vastustajat varoittavat, että terveysvaikutuksista ja ympäristövaikutuksista ei vielä tiedetä riittävästi. Ne harvat kenttäkokeet, joita Suomessa on järjestetty, eivät kuitenkaan ole antaneet viitteitä, että geenimuuntelu olisi vaarallista ihmisille, eläimille tai luonnolle. Esimerkiksi Joensuun yliopistossa tehty tutkimus kukkimattoman koivun ympäristövaikutuksista ei antanut viitteitä siitä, että geenimuuntelu olisi ollut vaarallista ympäristölle.

Maaperän pieneliötutkimuksia löytyy maailmalta jonkin verran, ja niiden tulokset ovat varoittavia. Tutkimuksissa on todettu, että geenimuunneltuja kasveja syöneet eliöt ovat olleet heikompia, ja niiden määrä on vähentynyt muuntogeenisillä viljelyksillä verrattuna tavanomaisella tavalla viljeltyihin aloihin. Yhdysvalloissa on epäilty, että muuntogeeniset kasvit ovat aiheuttaneet jopa ihmisten kuolemia. Asiaa ei ole pystytty täysin varmistamaan, mutta muuntogeenisiä kasveja ei siis voida vielä pitää täysin riskittöminä. Muuntogeenisten kasvien välisiä geenien vuorovaikutussuhteita ei vielä tunneta tarkasti. Nämä voivat aiheuttaa riskin, että muuntogeenisiin kasveihin tulee yllättäviä ja epätoivottuja ominaisuuksia.

9.3 Leviämisriskit Suomessa

Suomen olosuhteet ovat sellaiset, etteivät useimmat viljelykasvit pystyisi menestymään täällä luonnonvaraisesti. Ilmastomuutos voisi kuitenkin tuoda mukanaan odottamattomia vaikutuksia myös Suomen ilmastoon. Ilmaston lämpeneminen voi aiheuttaa sen, että kasvit olisivat helpommin leviämiskykyisiä myös Suomessa.

Suurimman riskin yleisimmistä Suomessa viljellyistä kasveista levitä luontoon muodostavat rypsi ja rapsi, koska niillä on luonnossa saman kromosomiston omaavia

lähisukulaisia. rypsilä ja rapsilla on muutenkin ollut tavanomaisella tavalla viljeltyinä taipumus jäädä rikkakasveiksi pelloille. Kauralla hukkakaura voi muodostaa uhkakuvan leviämisestä, jos muuntogeeninen kaura risteytyisi helpommin hukkakauran kanssa. Sokerijuurikas voisi olla yksi mahdollinen ympäristöön leviävä kasvi, koska se voi risteytyä helposti villijuurikkaiden ja punajuurten kanssa.

Taulukko 7. SWOT- analyysi

<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <p>Kasvien yhteyttämiskyvyn parantaminen</p> <p>Kasvien ravinteidenotto ja sitomiskyvyn parantaminen</p> <p>Siementen ja hedelmien koon, laadun ja määrän parantaminen</p> <p>Maanparannus ja puhdistus kasvien avulla</p> <p>Kasvit rokotteiden kehittämisen apuna</p> <p>Allergeenien poisto kasveista</p> <p>Kuivuuden, suolan ja lämpötilojen kestävyyskyvyn parantaminen</p> <p>Rikkakasvi-, tauti- ja tuholaisaineiden käytön väheneminen</p>	<p><u>Uhat</u></p> <p>Terveysuhat</p> <p>Allergioiden lisääntyminen</p> <p>Myrkyllisyysuhka</p> <p>Antibioottiresistenssin kehittyminen</p> <p>Geenien karkaaminen luontoon</p> <p>Luonnon monimuotoisuuden väheneminen</p> <p>Lajien risteytyminen</p> <p>Yllättävät sivuvaikutukset</p>
<p><u>Vahvuudet</u></p> <p>Jalostuksen nopeutuminen</p> <p>Satoisuuden lisääntyminen</p> <p>Ravintoarvoiltaan paremmat lajikkeet</p> <p>Satojen säilyvyyden parantuminen</p>	<p><u>Heikkoudet</u></p> <p>Geenimuuntelun eettisyys</p> <p>Tiedon puute</p> <p>BT-toksisuus voi tuhota hyödyllisiä eliöitä, kuten pölyttäjiä</p> <p>Ihmisten asenteet</p>

9.4 Ihmisten asenteet

Asenteet ja eettiset arvot ovat asioita, jotka vaikuttavat eniten siihen, miten geenimuuntelu kasvinviljelyksessä otetaan käyttöön. Tällä hetkellä valtaosa suomalaisista vastustaa kasvien geenimuuntelua. Vuoden 2009 eurobarometrin mukaan suomalaisista 72 % vastustaa geenimuuntelua. Suomalaisten asenteet eivät ole muuttuneet viimeisen kuuden vuoden aikana. Pakkalan tutkimus vuonna 2002 ja Maa-seudun tulevaisuuden ja Eurobarometri kyselyjen tulokset vuosina 2008 ja 2009, antoivat kaikki hyvin samansuuntaisia tietoja. Vaikka tieto geenimuuntelusta on lisääntynyt ja asia on ollut Suomessa hyvin esillä, niin kielteinen asenne muuntogeenisten kasvien viljelyyn ja käyttöön ravintona ei ole vähentynyt.

Geenimuunneltujen tuotteiden pelkät kenttäkokeet ovat aiheuttaneet monissa ihmisissä kielteisiä ajatuksia, vaikka näillä kokeilla juuri yritetään varmistaa tulevaisuudessa geenimuunneltujen kasvien turvallisuus ympäristölle, ihmisille ja eläimille. Geenimuunnellut rehut ja elintarvikkeet tulevat käyttöön Suomessa ennen pitkään, mutta sitä ennen kuluttajien tulisi saada lisätietoa. Geenimuuntelua vastustavia on kuitenkin niin paljon, että geenimuuntelu ei varmaakaan tule tekemään läpimurtoa aivan pian.

Taulukko 8. Muuntogeenisten kasvien vastustamisen syyt

Muuntogeenisiä kasveja vastustetaan	
1. Ympäristösyistä	3. Poliittiset ja taloudelliset syyt
Geenien karkaaminen luontoon	Monikansallisten yhtiöiden pelko
Luonnon monimuotoisuuden väheneminen	Patentti- ja omistusoikeus
Yllättävät sivuvaikutukset	Median vaikutus
Maaperämikrobien häviämisen uhka	Tiedon puute
Hyödyllisten hyönteisten häviämisen uhka	Pelätään sekaantumista muihin viljelymuotoihin
2. Terveysyistä	4. Arvoasenteista
Myrkyllisyyden vaara	Uskonto
Allergioiden pelko	Kulttuuri
Antibioottiresistenssi	Elämäntapa
	Eettisyys

Asenteet ja eettiset arvot ovat asioita, jotka vaikuttavat eniten siihen, miten geenimuuntelu kasvinviljelyksessä otetaan käyttöön. Tällä hetkellä valtaosa suomalaisista vastustaa kasvien geenimuuntelua. Vuoden 2009 eurobarometrin mukaan suomalaisista 72 % vastustaa geenimuuntelua. Suomalaisten asenteet eivät ole muuttuneet viimeisen kuuden vuoden aikana. Pekkalan tutkimus vuonna 2003 ja Maa-seudun Tulevaisuuden ja Eurobarometri-kyselyjen tulokset vuosina 2008 ja 2009 antoivat kaikki hyvin samansuuntaisia tietoja. Vaikka tieto geenimuuntelusta on lisääntynyt ja asia on ollut Suomessa hyvin esillä, kielteinen asenne muuntogeenisten kasvien viljelyyn ja käyttöön ravintona ei ole vähentynyt.

Geenimuunneltujen tuotteiden pelkät kenttäkokeet ovat aiheuttaneet monissa ihmisissä kielteisiä ajatuksia, vaikka näillä kokeilla juuri yritetään varmistaa tulevaisuudessa geenimuunneltujen kasvien turvallisuus ympäristölle, ihmisille ja eläimille. Geenimuunnellut rehut ja elintarvikkeet tulevat käyttöön Suomessa ennen pitkään, mutta sitä ennen kuluttajien tulisi saada lisätietoa. Geenimuuntelua vastustavia on kuitenkin niin paljon, että geenimuuntelu ei varmaakaan tule tekemään läpimurtoa aivan pian.

9.5 Lait ja riskienvalvonta

Geenitekniikkaa valvotaan tiukasti geenitekniikkalailla ja asetuksilla. Lisäksi lakiesitys muuntogeenisen kasvintuotannon rinnakkaiselolaista luo uusia sääntöjä muuntogeenisten kasvien viljelyyn. Kehitteillä oleva laki muuntogeenisestä kasvintuotannosta antaa tulevaisuudessa perustan sille, kuinka geenimuunneltuja kasveja saa Suomessa viljellä. Laissa määrätään, mitä kaikkea pitää ottaa huomioon geenimuunneltuja kasveja viljeltäessä. Euroopan unionissa ei ole yhtenäistä muuntogeenistä kasvintuotantoa koskevaa rinnakkaiselolakia, vaan EU on jättänyt lain kehittämisen jokaisen jäsenvaltion omalle vastuulle. Euroopan unioni seuraa ja raportoi muuntogeenisten kasvien viljelyä jatkossakin ja tekee lisää tutkimustyötä muuntogeenisten kasvinviljelyn alalla. EU haluaa näin varmistaa, että kansalliset toimenpiteet eivät vääristä kilpailua EU:ssa. (EU- raportti 2009a.)

Muuntogeenisten kasvien viljely on Suomessa vasta alussa, mutta Suomessakin järjestetään jo avoimia kenttäkokeita. Suomen kenttäkokeet ovat sekä suljetussa, että avoimessa tilassa hyvin valvottuja. Kenttäkokeisiin tarvitaan huolelliset ja perusteelliset selvitykset, riskinarvioinnit ja perusteet asiasta, ennen kuin luvan kenttäkokeeseen voi saada. Muuntogeenisillä kasveilla kenttäkoetta avoimella maalla järjestävän tahon tulee tehdä huolellinen selvitys mahdollisista leviämriskeistä ja toimenpiteistä, kuinka aikoo suojautua riskeiltä.

10 POHDINTA

Geenimuunneltu kasvinviljely on aiheena ajankohtainen, josta viitteenä myös se, että lakiesitys muuntogeenisten kasvien rinnakkaiselosta pyritään saamaan eduskunnassa mahdollisimman pian voimaan. Lain voimaansaaminen on tärkeää, jotta olisi olemassa edes jonkinlaiset säännöt, jos joku päättää Suomessa aloittaa muuntogeenisten kasvien viljelyn.

Muuntogeenistä kasvintuotantoa voisi periaatteessa jo nyt harjoittaa Suomessa. Koska aiemmin ei ole ollut näille leveysasteille hyväksyttyä muuntogeenistä lajiketta, luultavasti sen vuoksi muuntogeeniset kasvit eivät ole vielä tulleet Suomessa ajankohtaiseksi. Tulossa oleva muuntogeeninen tärkkelysperuna, jolle EU komissio on myöntänyt viljelyluvan maaliskuussa 2010, voi muuttaa Suomenkin tilanteen muuntogeenisten kasvien viljelyssä. Yleinen mielipide näyttää olevan, että olisi hyvä, jos Suomi säilyisi geenimuuntelulta vapaana alueena. Tällä hetkellä tilanne näyttää kuitenkin siltä, että geenimuunneltujen kasvien käyttö tulee ennemmin tai myöhemmin osaksi kasvinviljelyä myös Suomessa. Suomella ei ole varaa jäädä jälkeen maailmalla tapahtuvan geenitekniikan ja kasvienjalostuksen kehityksestä.

Oma mielipiteeni muuntogeenisten kasvien käyttöönottoon on vielä varovainen, mutta mielestäni kenttäkokeita ja tutkimusta tulisi edistää mahdollisimman tehokkaasti, jotta saataisiin riittävästi tietoa. Muuntogeenisten kasvien käyttöönotossa tulisikin olla äärimmäisen varovainen, jotta muuntogeenisten kasvien viljelystä ei tulisi ikäviä yllätyksiä ympäristölle tai muuntogeenisten ruokien ja rehujen käytöstä ei aiheutuisi terveysriskejä ihmisille tai eläimille.

Tämän tietämyksen valossa näyttää kuitenkin siltä, että muuntogeenisten kasvien tuomat edut olisivat suuremmat kuin uhat, joita muuntogeeniset kasvit voivat tuoda tullessaan. Mikäli kasvien kestävyysominaisuuksia, laatuominaisuuksia, kasvien ravinteiden ottokykyä ja yhteyttämisen hallintaa pystytään todella parantamaan, olisi se suuri apu kasvinjalostukselle. Voidaan siis kysyä minkälainen riski olisi hyväksyttävä muuntogeenisten kasvien käyttöönotolle?

Tutkimuksissa on käynyt ilmi, että geenimuunneltu kasvusto saattaa säilyä huommin kuin tavanomaisesti jalostetut kasvustot. Tämä herättää kysymyksen siitä, että jos kasvinviljelyä aletaan harjoittaa tulevaisuudessa enimmäkseen geenimuunnelluilla lajikkeilla, niin selviävätkö geenimuunnellut kasvit olosuhdemuutoksista, joita tulevaisuus tuo tullessaan? Esimerkiksi ilmastonmuutos voi tuoda tullessaan yllättäviä vaikutuksia. Geenimuunneltujen lajikkeiden käyttö tulevaisuudessa saattaa heikentää satoja, eikä lisätä niitä. Tulevatko geenimuunnellut lajikkeet selviämään satoisina viljelykasveina? Mikäli muuntogeenisten kasvien selviytymiskyky on itse asiassa huonompi kuin perinteisten viljelylajikkeiden, niin asia herättää kysymyksiä. Kuinka kasvinviljely ja maailman ravinnontuotanto onnistuvat tavoitteissaan turvata ruoka kaikille, kun muuntogeeniset kasvit valtaavat yhä enemmän pinta-alaa?

Tutkimusten mukaan jotkut muuntogeenisten lajikkeiden jälkeläiset ovat muuttuneet takaisin esivanhempiensa kaltaisiksi. Tätä ilmiötä ei ole osattu selittää. Tämä voi olla luonnon oma keino korjata ”geenivirheet”, joita geenien siirrolla on saatu aikaan. Vaikka geeneistä tiedetään jo paljon, koko geenien toimintaperiaatteesta ei siltikään vielä tiedetä kaikkea. Happosen ym. (2006, 47) kirjan mukaan perhosella ja koiralla on lähes samat geenit, silti niiden ulkoasu on niin erilainen. Pysyykö kasvihormonien ja muiden kasvinsäätäjien toiminta ja vaikutus ennallaan muuntogeenisissä kasveissa? Geenien muokkauksella saatetaan vaikuttaa eliön geenien piileviin ominaisuuksiin, joita ei olisi ollut tarkoitus muokata.

Suomen maantieteellinen sijainti voi olla myös etu. Tulevaisuudessa suomalaisilla voisi olla hyvät mahdollisuudet erikoistua muuntogeenisten kasvien viljelyyn ravintoarvojen parantamisessa ja lääkekasvien kehittämisessä. Suomalaisilla on myös hyvät edellytykset geenitekniikalla kehitettävien kasvilajikkeiden jalostamiseen, koska täällä on hyvän tiedon kasvigeenitekniikasta omaavia tutkijoita. Suomalaiset tutkijat ovat edelläkävijöitä, kun he selvittelevät kasvien rakenteita ja fotosynteesiin liittyviä asioita menestyksellisesti.

Opinnäytetyöni tiedonkeräys vaiheessa ja tuloksissa olen tyytyväinen asioihin, joita löytyi muuntogeenisten kasvien perusteista, mahdollisuuksista ja asenteista. Muuntogeenisten kasvien uhat ja riskit ovat kuitenkin asioita, joita kukaan ei tunnu hallit-

sevan. Erilaisia suomalaisia tutkielmia, työryhmäraportteja ja strategioita löytyy jo suomalaistenkin tutkijoiden ansiosta aika kattavasti. Muuntogeenisiä kasveja on viljelty paljon kuitenkin vain kenttäkoeolosuhteissa, joiden tulokset voivat olla hyvin erilaisia, kuin jos niitä viljeltäisiin laajemmilla viljelyalueilla ja pidempiä aikoja.

Tulevaisuudessa tullaan tarvitsemaan muuntogeenisen kasvintuotannon asiantuntijoita ja koulutusta, jotta viljelijöitä pystytään kouluttamaan ja ohjeistamaan muuntogeenisten kasvien viljelyyn. Lisäksi tarvittaisiin selkeämpiä julkaisuja, joista tavalliselle kuluttajalle ja viljelijälle selviäisi muuntogeenisen kasvinviljelyn perusteet. Internetistä löytyi paljon erilaisia forumeja, joissa keskustellaan kiivaasti geenimuunneltusta, sen terveysvaikutuksista, ympäristövaikutuksista ja eettisyydestä.

Olen halunnut välttää kaupallisten yritysten käyttöä työssäni, koska esimerkiksi Monsanto internet -sivuilla sanottiin, että tietoa saa käyttää vain muuntogeenisten kasvien viljelyn edistämiseen. Riskien ja uhkien esittäminen ei edistäisi muuntogeenisten kasvien viljelyä, mutta tutkimukseni tarkoitus oli ottaa selville myös muuntogeenisten kasvien uhat ja riskit. Kaupallisilla yhtiöillä on omat näkökulmansa tutkia asioita, joten olen jättänyt ne pois.

Opinnäytetyöni viimeistelyvaiheessa maaliskuussa 2010 tuli päätös, että geenitekniikan lautakunta on hyväksynyt kenttäkokeet muuntogeeniselle tärkkelysperunalle Seinäjoen Ylistaroon ja Hämeenlinnan Lammille. EU on myös hyväksynyt tärkkelysperuna Amfloran maaliskuussa 2010 muuntogeeniseksi viljelylajikkeeksi, joten muuntogeeninen perunanviljely saattaa olla Suomessa lähempänä kuin arvataan. Geenitekniikan lautakunta katsoi, että muuntogeeninen tärkkelysperuna teollisuuskäytössä ei muodosta uhkaa ympäristölle, ihmisille tai eläimille.

Toivon, että työni herättää kiinnostusta myös uusiin opinnäytetöihin ja antaisi alustavaa tietoa geenimuunnelluista kasveista ja niiden ympäristövaikutuksista. Jatko-tutkimuksen aiheena tulevaisuudessa voisi olla esimerkiksi, kuinka muuntogeeniset kasvit ovat levinneet ympäristöön tai minkälaisia vaikutuksia geenimuunneltujen kasvien käytöstä on mahdollisesti aiheutunut ihmisille tai eläimille.

LÄHTEET

- Ajankohtaista. 2009. [Verkkosivusto]. Tiedotuslehti jäsenille ja asiakkaille. Keski-Pohjanmaa: Pro Agria. Viitattu [12.1.2010]. Saatavana: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/proagria_keski_pohjanmaan/Ajankohtaista/ProAgria_0309.pdf
- Aldridge, S. 1999. Elämänlanka: Geenitekniikan tarina. Suomentaja Tiina Onttonen. Helsinki: Art house.
- Anttila, S. 2009. [Verkkosivu]. Farmit uutisten kolumni [Viitattu 15.10.2009]. Saatavana: www.sirkka-liisaanttila.fi/.../2009-04-17-KOLUMNIN%20Farmi-Uutisissa:%20Tarkat%20rajat%20gmo-tarkkelysperunalle.doc
- Attitudes of european citizens towards the environment. 2008. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.9.2009]. Saatavana: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_295_en.pdf
- Bioteekniikan neuvottelukunta. [Verkkosivut]. [Viitattu 22.2.2010]. Saatavana: <http://www.btnk.fi/>
- Bioteekniikan sanasto. 2010. [Verkkosivut]. Suomen bioteollisuus. [Viitattu 10.2.2010]. Saatavana: <http://www.finbio.net/sanasto/>
- Donegan, K. & Seidler, R. 1999. Effects of transgenic plants on soil and plant microorganisms. Recent Research Developments in Microbiology 3:415-424. Usa.
- Druken. S. 2000. [Verkkosivut]. Luonnonlain puolue. Tampere. [Viitattu 3.3.2010]. Saatavana: <http://koti.welho.com/isanttil/llp/druker/druker3.htm>
- Erkkilä, M., Kalandar, R. & Shulman, A. 2008. Geenivirtatutkimus ristipölytteisillä kasveilla pelto-olosuhteissa. [Verkkojulkaisu]. Maataloustieteenpäivät 2008: Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedotteita no 23 (Toim, AnneliHapponen). [Viitattu 2.2.2010] Saatavana: http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es012.pdf
- EU-komissio hyväksyi gm-perunan. 2010. Ilkka 3.3.2010, 12.
- EU- raportti. 2009a. Muuntogeenisten sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisten viljelykasvien rinnakkaiselo. [Verkkojulkaisu]. Euroopan komissio. [Viitattu 10.1.2010]. Saatavana: http://ec.europa.eu/agriculture/coexistence/com2009_153_sum_fi.pdf

EU- raportti. 2009b. Muuntogeenisten sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisten viljelykasvien rinnakkaiselo. [Verkkojulkaisu]. Euroopan komissio. [Viitattu 10.1.2010]. Saatavana: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0153:FIN:FI:PDF>

Euroopan komissio. 2010. [Verkkosivut]. Kenttäkokeet. Joint research centre: Institute for health and consumer protection. [Viitattu 26.1.2010]. Saatavana: <http://mbg.jrc.ec.europa.eu/deliberate/FI.asp>

Geenitekniikan ja muiden biotekniikan uusien menetelmien käyttö maatalous- ja elintarviketuotannossa: Osa A: Lainsäädäntö, sopimukset, tutkimus ja sovellukset. 2000. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön maatalousosaston bio/geenitekniikkaryhmä. [Viitattu 10.9.2009]. Saatavana: http://wwwb.mmm.fi/el/julk/pdf/biotek_genstra_a.pdf

Geenitekniikan lautakunta.2009a. [Verkkosivut]. Sosiaali- ja terveysministeriö: Valtioneuvosto. Saatavana: <http://www.geenitekniikanlautakunta.fi/lainsaadanto/eu-saadokset>

Geenitekniikan lautakunta.2009b. [Verkkosivut]. Sosiaali- ja terveysministeriö: Valtioneuvosto. Saatavana: <http://www.geenitekniikanlautakunta.fi/fi/avoin/kenttakoe/hakemus>

Geenitekniikan lautakunta.2010. [Verkkosivut]. Sosiaali- ja terveysministeriö: Valtioneuvosto. Saatavana <http://www.geenitekniikanlautakunta.fi/fi/avoin/kenttakoe/luvat:><http://www.geenitekniikanlautakunta.fi/>

Geenitekniikkaa elintarviketuotannossa kannatetaan ja vastustetaan eri perustein. 2000.[Verkkoartikkeli]. Kuluttajatutkimuskeskus. Lehdistötiedote 3/2000. [Viitattu 8.3.2010]. Saatavana: http://www.kuluttajatutkimuskeskus.fi/files/4679/2000_03_geenitekniikka.pdf

Geenitekniikkalaki. 1995/377 ja Valtioneuvoston asetus 928/2004. [Verkkosivusto]. [Viitattu 22.2.2010]. Saatavana: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950377>

Gene that Controls Ozone Resistance Of Plants Could Lead To Drought-Resistant Crops. Science Daily. 2008. [Verkkojulkaisu]. San Diego: University of California. <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080227102848.htm>

Globale Anbauflächen 2008Tendenzen steigend: Gentechnisch veränderte Pflanzen weltweit auf 125 Millionen Hektar.11.2009.verkkosivut [Viitattu 8.1.2010] saatavana: http://www.transgen.de/anbau/eu_international/531.doku.html

- Gmo luo yhtäaikaa sekä mahdollisuuksia että uhkia. 2007. [Verkkosivut] Finwood: Suomen ruokatieto ry. [Viitattu 25.2.2010]. Saatavana: http://uutiset.ruokatieto.fi/WebRoot/1043198/X_Arkistoitu_uutinen_tai_tiedote.aspx?id=1094009&NewsItem=4442
- Crawley, M., Brown, S., Hails, R., Kohn, D. & Rees, M. 2001. Transgenic crops in natural habitats. Iso-Britannia. Nature 409.
- Haavisto, P. 2007. Geeninsiirtotekniikka valmiina ohralle. Verkkosivu [Viitattu 2.2.2010]. Koelypsy: MTTAsiakaslehti4/2007. Saatavana: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Koelypsy/42007/406021B8D0417912E040A8C0033C0B32>
- Hannula, P., Somerma, P., Fagerstedt, K. & Haahtela, K. 2006. Biologia 5: Bioteknologia. Helsinki: Haahtela-kehitys Oy.
- Happonen, P., Holopainen, M., Sariola, H., Sotkas, P., Tenhunen, A., Tihtarinen-Ulmanen, M. & Venäläinen, J. 2006. BIOS 5: Bioteknologia. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Häikiö, E. & Kangasjärvi, J. 1999. Biotekniikan riskit: Siirtogeenisten kasvien ympäristövaikutukset Suomessa. Kuopio: Pohjois-Savon ympäristökeskus: Kuopion liikekirjapaino. Julkaisu 185.
- James, C. 2009. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2008. ISAAA Briefs No. 26. ISAAA: Ithaca, NY. [Viitattu 12.1.2010] Saatavana: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/39/pptsides/default.html>
- Kangasvuo, I. 2001. Genetiikan ABC: helppoa perinnöllisyysoppia. [Verkkojulkaisu]. Saatavana: <http://www.saunalahti.fi/samans/jutut/easygen.html>
- Kiviharju, E., Ritala, A., Sculman, A., Pietilä, L. & Tanhuanpää P. (toim.) 2007. Biotekniikka kauran jalostuksessa: Uudet menetelmät laadun parantamiseksi. Jokioinen. MTT.
- Keinänen, M. 2005. Environmental risks of birch genetically modified to be sterile. [Verkkojulkaisu]. Saatavana: www.joensuu.fi/biologia/keinanen/joensuu2005.ppt
- Keinänen, M. 2008. Kenttäkoelupahakemus kukkimattomalla koivulla. [Verkkojulkaisu]. Saatavana: <http://www.geenitekniikanlautakunta.fi/kenttakokeet.html>

- Kettunen, R., Hielm, S. & Valkonen, J. 2005. Biotekniikkaa nyt ja tulevaisuudessa. [Verkkojulkaisu]. Valtioneuvosto: Biotekniikan neuvottelukunta [Viitattu 22.8.2008]. Saatavana: http://www.btnk.fi/files/pdf/biotekniikka_nyt_ja.pdf
- Kuluttajien gm-asenteet eivät pohjaudu tietoon. 20.10.2009. [Verkkosivu]. Maaseudun tulevaisuus. [Viitattu 11.1.2010]. Saatavana: http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/uutiset/online_uutiset/43/fi_FI/asenteet/
- Kuusipalo, L. 2007a. Gm-kasvit ja ympäristö. [verkkosivut]. Liisa kuusipalon kotisivut. [viitattu 22.1.2010]. Saatavana: <http://www.telemail.fi/liisa.kuusipalo/geeni.html>
- Kuusipalo, L. 2007b. Gm-tuotannon, tavanomaisen ja luomutuotannon rinnakkainelo. [verkkosivut]. Liisa kuusipalon kotisivut. [viitattu 22.1.2010]. Saatavana: <http://www.telemail.fi/liisa.kuusipalo/geeni.html>
- Kuusipalo, L. 2010c. Mitä riskejä geenitekniikassa on, ja onko meillä vaihtoehtoa? Tästä löytyvät tuoreimman luentoni kalvot. [verkkosivut]. Liisa kuusipalon kotisivut. [viitattu 29.2.2010]. Saatavana: <http://www.telemail.fi/liisa.kuusipalo/geeni.html>
- Lakiesitys 246. 13.11.2009. Lakimuuntogeenisestä kasvintuotannosta. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 9.1.2010]. Saatavana: www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2009/20090246.pdf
- Lohtander-Buckbee, K., Törmäkangas, K. & Ruohonen-Lehto, M. 2004. Menetelmien valinta muuntogeenisten kasvien ympäristövaikutusten arviointiin ja seurantaan. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Julkaisu 736.
- Maa- ja metsätalousministeriön geenitekniikkastrategia ja toimenpideohjelma vuosille 2009–2013. 2009. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. Maa- ja Metsätalousministeriö. [Viitattu 12.1.2010]. Saatavana: http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/5GlnksTpm/trm2009_6.pdf
- Maaseutuverkosto 2009. Happamat sulfaattimaat. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.3.2010]. Saatavana: http://www.maaseutu.fi/attachments/verkostoyksikko/5HZoFCNKU/happamat_sulfaattimaat_B5_LOW.PDF
- Maatalouden bio- ja geenitekniikkastrategia. 2000. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. Maatalousosasto. [Viitattu 20.10.2008]. Saatavana: http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2001/tr2001_12.pdf

Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa. 2005a. Väliraportti. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Maa- ja Metsätalousministeriö, Työryhmämuistio 2005:9..[Viitattu 15.12.2009]. Saatavana: http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2005/Trm2005_9.pdf

Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisten ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa. 2005b. Loppuraportti. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Maa- ja Metsätalousministeriö, Työryhmämuistio 2005:16..[Viitattu 15.12.2009]. Saatavana: http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2005/trm2005_16.pdf

Niklander-Teeri, V. 2004. Uusia ominaisuuksia kasveihin geeniteknikan avulla: Geeniteknikan hyödyntäminen. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Suomen maataloustieteellinen seura ry. [Viitattu 30.10.2008]. Saatavana: <http://www.mm.helsinki.fi/MMSBL/english/research/ediblevaccines/Publications/vntmtp2004teksti.pdf>

Nowack Heimgartner, K., Bickel, R., Wyss, E., Beck, A., Hermanowski, R., Pearce, B., Tappeser, B., Alföldi, T., Hay, .C, Sim, P., Houba, C., Schäfer, A., Schäfer, W. & Bär., M. Fiblasiakirja. 2003. Luomuviljely ja geeniteknikka: Näin luomuviljely pysyy vapaana geeniteknikasta. [Julkaistu luomulehden liitteenä 02.2003]. Postfach: Ackerstrasse. Forschungsinstitut für biologischen landbau.

Pahkala, P., Peltonen-Sainio, P., Mustonen, L. & Mikkola, H. 2008a. Öljykasvien GM-lajikkeiden jäätikasviriskit. [Verkkojulkaisu]. Maataloustieteenpäivät 2008: Suomen maataloustieteellisen seurantiedotteita no 23 (Toim.) Anneli Happonen. [Viitattu 12.1.2010]. Saatavana: http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmät/es013.pdf

Pahkala, P., Peltonen-Sainio, P. & Mustonen, L. 2008b. Perunan GM-lajikkeiden jäätimukulat – riski geeniaiineksen siirtymisestä. [Verkkojulkaisu]. Maataloustieteenpäivät 2008: Suomen Maataloustieteellisen seurantiedotteita no 23 (Toim.) Anneli Happonen. [Viitattu 2.2.2010]. Saatavana: http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmät/es014.pdf

- Pekkala, H. 2003. Luonnonmukaisen kasvituotannon ja muunto-geenisten kasvien rinnakkaiselo sekä suomalaisten käsitykset siitä: Kirjallisuuskatsaus. Laurea ammattikorkeakoulu, Luonnonvara-ala, Ympäristöhoidon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 27.12.2009]. Saatavana: <http://www.luomuliitto.fi/opinnaytetyo.pdf>
- Riihonen, L. & Kettunen, T. (toim.) 1997. Biotekniikka, geenitekniikka – uhka vai mahdollisuus. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- Salo, A., Kauppinen, V. & Rask, M. 1998. Kasvigeenitekniikka ravinnontuotannossa. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. [Viitattu 16.7.2008]. Saatavana: <http://www.eduskunta.fi/fakta/vk/tuv/tutkas/takoko.pdf>
- Soininvaara, O. 2009. Kiistelty geeniruoka. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.1.2010]. saatavana: <http://www.soininvaara.fi/2009/11/05/kiistelty-geeniruoka/>
- Somersalo, S. 1998. Siirtogeenit tulevat kasveihin. Lohja: Agrimedia Oy
- Takalampi, A. 2010. Ylistaroon kaavailtu geeniviljely ratkeaa jo aivan lähiviikkoina. Ilkka 22.02.2010, 11.
- Tammisola, J. 2003. Muuntogeenisten viljelykasvien ympäristövaikutukset [Verkkosivut]. [Viitattu 15.12.2009]. Saatavana: <http://www.mm.helsinki.fi/~tammisol/GmViljKYmpVaik.htm>
- Tammisola, J. 2005. Helipotusta mansikka-allergiaan kasvinjalostuksella. [Verkkosivut]. [Viitattu 29.9.2008]. Saatavana: <http://www.mm.helsinki.fi/~tammisol/MansAllerg05.pdf>
- Tammisola, J. 7.2.2008. Jalostusesimerkkejä. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 29.12.2008]. Saatavana: www.geenit.fi/JalEsim070208.pdf
- Tammisola, J. 2009. Kestävän kehityksen tekniikat: Kasvigeenitekniikka: Top Ten Futures VIII. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 15.1.2010]. Saatavana: <http://www.mm.helsinki.fi/~tammisol/TTF130209.pdf>
- Thomson, J. 2007. Seeds for the future: the impact of genetically modified crops on the environment. Ithaca, New York: Cornell university press.

- Tilastokeskus. 2003. 12 % Maailman viljelyalasta viljeltyä. [Verkkosivut]. [Viitattu 23.2.2010]. Saatavana: http://www.stat.fi/tup/tietoaika/tilaajat/ta_02_03_vilj.html
- Tilastokeskus. 2009. Px - Web- tietokanta. Pelto- ja viljelyala asukasta kohti. [Verkkosivut]. [Viitattu 23.2.2010] Saatavana: http://pxweb2.stat.fi/Database/Kansainvalisen%20tiedon%20tietokanta/maa/maa_fi.asp
- TransGen_ 2009. [Verkkosivu]. Transparenz für Gentechnik bei Lebensmitteln. [Viitattu 1.9.2009]. Saatavana: http://www.transgen.de/anbau/eu_international/531.doku.html
- Täysistunnon pöytäkirja PTK 109/2009.[Verkkosivusto] 19.11.2009. Eduskunta: Valtiopäiväasikirjat. [Viitattu 10.1.2010]. Saatavana: http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/ptk_109_2009_kep_1.shtml .
- Ulmanen, I., Vaste, J. & Viitanen, P. 1997. Biologia: Lukio. Geeni. Porvoo: WSOY
- Vuorela, H. 28.10.2009. Gm-viljely arveluttaa kahta kolmasosaa viljelijöistä. [Verkkolehtiartikkeli]. [Viitattu 10.1.2010]. Saatavana: http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/uutiset/paauutiset/10/fi_FI/Gm_viljely_arveluttaa_kahta_kolmasosaa_viljelijoista/
- Walker, S. 2007. Biotechnology: Demystified. New York. The McGraw-Hill Companies.